ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"AUTOMATIZACIÓN DE LA OBSERVACIÓN METALOGRÁFICA DE LAS MICROESTRUCTURAS DE LOS MATERIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LABVIEW"

CASTRO CEPEDA LIDIA DEL ROCÍO
NOGALES POVEDA ALEX FERNANDO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR
2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-06-12

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

LIDIA DEL ROCÍO CASTRO CEPEDA

Titulada:

"AUTOMATIZACIÓN DE LA OBSERVACIÓN METALOGRÁFICA DE LAS MICROESTRUCTURAS DE LOS MATERIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LABVIEW

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Ing. Geovanny Novillo Andrade
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Almedariz Puente
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Montalvo Jaramillo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-06-12

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALEX FERNANDO NOGALES POVEDA

Titulada:

"AUTOMATIZACIÓN DE LA OBSERVACIÓN METALOGRÁFICA DE LAS MICROESTRUCTURAS DE LOS MATERIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LABVIEW

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Geovanny Novillo Andrade
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Almedariz Puente
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Montalvo Jaramillo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH
Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LIDIA DEL ROCÍO CASTRO CEPEDA

TÍTULO DE LA TESIS:"**AUTOMATIZACIÓN DE LA OBSERVACIÓN METALOGRÁFICA DE LAS MICROESTRUCTURAS DE LOS MATERIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LABVIEW"**

Fecha de Examinación: **2013-12-04**

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Gloria Miño Cascante PRESIDENTATRIB. DEFENSA			
Ing. Marco Almendariz Puente DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

La Presidenta del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Gloria Miño Cascante
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

ESPOCH
Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALEX FERNANDO NOGALES POVEDA

TÍTULO DE LA TESIS: **"AUTOMATIZACIÓN DE LA OBSERVACIÓN METALOGRÁFICA DE LAS MICROESTRUCTURAS DE LOS MATERIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LABVIEW"**

Fecha de Examinación: **2013-12-04**

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Gloria Miño Cascante PRESIDENTA TRIB. DEFENSA			
Ing. Marco Almendariz Puente DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

La Presidenta del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Gloria Miño Cascante
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Lidia del Rocío Castro Cepeda

Alex Fernando Nogales Poveda

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y brindarme una oportunidad para superarme día a día, a mi familia en especial a mi madre por ser el soporte y guía a lo largo de toda mi existencia, a mi hermano por su apoyo incondicional, a mis amigos y amigas por su amistad desinteresada y ayuda en cada momento. Y todas aquellas personas que colaboraron en la realización de esta tesis en especial al asesor y director.

Lidia Castro Cepeda

A Dios por la oportunidad de crecer cada día. A mis padres quienes ha sido los pilares fundamentales en esta etapa de mis estudios, a mis hermanos por su apoyo y ayuda incondicional, a mis amigos y amigas por la confianza y apoyo moral, al director y asesor por brindarnos desinteresadamente sus conocimientos para desarrollar esta tesis. Y a todas aquellas personas que supieron estar en el momento adecuado dando palabras de aliento para no decaer en este largo caminar.

Alex Nogales Poveda

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos dado la salud y la inteligencia para terminar con éxitos esta etapa de nuestros estudios.

De igual manera expresamos nuestro profundo agradecimiento a la Facultad de Mecánica, en particular a la Escuela de Ingeniería Industrial que supo guiar y entregar los conocimientos que han facilitado el desarrollo de la presente tesis.

Al director y asesor que estuvieron de forma permanente pendiente en el desarrollo de la misma, en las personas de:
Ing. Marco Almendariz
Ing. Pablo Montalvo.

A nuestros padres y familiares por el apoyo en este largo caminar.

Lidia Castro y Alex Nogales

CONTENIDO

Pág.

LISTA DE TABLAS

Pág.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

LISTA DE ABREVIACIONES

LabVIEW	Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
VI	Instrumentos virtuales
NI	National Instruments
ASTM	Sociedad Americana para comprobación de materiales (American societyfortesting and Materials)
CCD	Cámaras de dispositivo de carga acoplada
CMOS	Cámaras de semiconductor de óxido metálico complementario
AISI	Asociación de Ingenieros del acero (Association of Iron and Steel Engineers)
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices (Society of AutomotiveEngineers)
UNE	Unión de Normas Españolas
AFNOR	Organización Nacional Francesa para la Estandarización
DIN	Instituto Alemán de Normalización
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American society of MechanicalEngineers)
MTF	Función de Transferencia de Modulación (Modulation Transfer Function)

LISTA DE ANEXOS

RESUMEN

La automatización de la observación metalográfica de las microestructuras de los materiales mediante la aplicación de LabVIEW, tiene como objetivo tecnificar y mejorar la calidad de los datos experimentales con que se trabajan actualmente en el laboratorio de materiales de la Facultad de Mecánica, pues es posible observar la distribución de fases e inclusiones que tienen efecto sobre las propiedades mecánicas de un metal.

Para ello trabajamos con los materiales más utilizados en la industria, tanto ferrosos como no ferrosos; tomando como proveedores a dos grandes distribuidoras del país: Bohler e Iván Bohman; dichos materiales fueron sometidos a un proceso metalográfico en el laboratorio de materiales de la Facultad de Mecánica; el cual parte del corte de pequeñas muestras, realizando luego un montaje con una resina termoendurecible denominada baquelita, procediendo con el desbaste desde la lija número 220 hasta la 600, para luego pulirlas y realizar un ataque metalográfico que revele las fases de los micro-constituyentes; finalmente observar con ayuda del microscopio metalográfico y la cámara digital RENUSCO DTM-300, que nos permite transmitir la imagen en tiempo real directamente hacia el ordenador; lo que sirvió para elaborar una base de datos con la que se programó el software para la captura y comparación de imágenes en el laboratorio de materiales mediante la aplicación del software LabVIEW.

Un sistema de adquisición de imágenes utilizado, cuenta con una fuente de luz para iluminar la escena (iluminación), que permite capturar la imagen (cámara) y un interfaz entre el sistema sensor y el computador, utilizando esta herramienta se obtuvo 155 microfotografías de los materiales en estudio.

Al finalizar este trabajo investigativo se logró automatizar las observaciones de los materiales objeto de estudio, mejorando la calidad de los datos obtenidos, en este caso las microfotografías, lo que disminuye tiempos en la realización de las prácticas de laboratorio; además, actualiza y tecnifica las presentes técnicas de comparación de la formas de las microestructuras de los materiales con el fin de que se desarrolle conocimiento actual en los profesionales que en el futuro aplicarán en la industria, contribuyendo a mejorar y a desarrollar la matriz productiva del país.

ABSTRACT

Automating the metallographic observation of the microstructures of materials through the application of LabVIEW, aims technology and improve the quality of experimental data that are currently working in the materials laboratory of the Faculty of Mechanics, it is possible to observe phase distribution and inclusions which have an effect on the mechanical properties of a metal.

For this we work with the most used materials in the industry, both ferrous and non-ferrous materials, taking as suppliers to two major distributors in the country; Bohler and Iván Bohman, these materials were subjected to a metallographic process materials laboratory of the Faculty of Mechanics, which part of cutting small samples, then performing an assembly with a thermosetting resin called bakelite, proceeding with grinding, sanding from number 220 to 600, then polish and perform metallographic attack that reveals the stages of the micro-constituents and finally observed using the metallographic microscope and RENUSCO DTM-300 digital camera that allows us transmit the image in real time directly to the computer, which served to develop a database with the software to capture images and comparison of laboratory materials programmed using the LabVIEW application.

An image acquisition system has a light source to illuminate the scene (lighting), to capture the image (camera) and an interface between the sensor and the computer system, using this tool 155 micrographs of the study materials were obtained.

Upon completion of this research work it was possible to automate the observations of the materials were studied, improving the quality of the data obtained in this case the micrographs, which reduces time in the realization of the labs, plus updates and technify present techniques for comparison of the methods of the microstructures of materials in order to develop current knowledge about the people who applied in the future in the industry, helping to improve and develop the productive model of the country.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El análisis metalográfico es el estudio microscópico de las características estructurales de un metal o aleación. Es posible determinar el tamaño de grano, forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen efecto sobre las propiedades mecánicas del metal.

La tecnología en los automatismos avanza constantemente con el paso de los años, y se ha vuelto cada vez más imprescindible el estudio de la automatización o control de los sistemas, ya sea esta para la medición de las variables físicas que nos rodean y su posterior tratamiento o para monitorear y controlar de dichos sistemas.

LabVIEW(acrónimo de Laboratory Virtual InstrumentationEngineeringWorkbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen proviene del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, etc. Un lema tradicional de LabVIEW es: "La potencia está en el Software", que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más potente. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante como tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y hardwarede otros fabricantes.

La automatización de laboratorios es una estrategia multidisciplinaria para investigar, desarrollar, optimizar y aprovechar las tecnologías en el laboratorio, permitiendo los procesos nuevos y mejorados. De manera más general, el campo de la automatización de laboratorio comprende numerosos actos de laboratorio automatizados, algoritmos de software y las metodologías utilizadas para permitir, agilizar y aumentar la eficiencia y eficacia de la investigación científica en los laboratorios. La aplicación de la tecnología en los laboratorios en la actualidad, requiere alcanzar un progreso oportuno para seguir siendo competitivos.

1.2 Justificación

Automatizar es una estrategia multidisciplinaria que sirve para investigar, desarrollar, optimizar y aprovechar las tecnologías en el laboratorio, permitiendo procesos nuevos y mejorados. Los objetivos que buscamos al automatizar el análisis metalográfico son elevar la calidad de los datos experimentales, reducir tiempos de ciclo del proceso de laboratorio y permitir la experimentación, que de otro modo sería imposible.

Estas nuevas necesidades han surgido principalmente para satisfacer cada vez más el exigente y competitivo Sistema Educativo Superior. Ésta evolución busca satisfacer las nuevas necesidades y requerimientos, entre ellos, la constante necesidad de automatizar los procesos, en especial los de laboratorio, con el fin de buscar mejores formas de enseñar que vayan de la mano con este mundo globalizado y tecnológicamente desarrollado.

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con un Laboratorio de Materiales dónde se encuentran equipos para realizar prácticas para los estudiantes. En tal virtud la tecnología no es estática, los estudiantes tenemos que adherirnos a los cambios, actualizándonos con nuevos equipos y software que facilitan, mejoren y dinamicen las prácticas de laboratorio.

Mediante esta tesis estamos contribuyendo en el ámbito investigativo y tecnológico dentro de nuestra Institución, y de esta manera aportaríamos en uno de los requisitos necesarios para la acreditación por carrera de nuestra distinguida Facultad y Escuela.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.*Automatizar la observación metalográfica de las microestructuras de los materiales mediante la aplicación de LabVIEW.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Realizar un estudio metalográfico de los diferentes materiales útiles en la industria.

Identificar los micro-constituyentes y su porcentaje en los materiales que vamos analizar.

Investigar la utilidad del programa LabVIEW en aplicaciones fotográficas.

Elaborar una base de datos mediante el programa LabVIEW para automatizar estas observaciones.

Automatizar la observación micro-estructural de los materiales, utilizando la herramienta LabVIEW.

CAPÍTULO II

2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

2.1 Concepto de automatización

Automatizar es realizar procesos o trabajos utilizando poco o nada la mano del hombre.La automatización es un sistema donde se trasfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Los objetivos de la automatización son:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

2.2 Importancia de la automatización

A través de los siglos el hombre se ha propuesto mejorar sus condiciones de vida, facilitar sus labores cotidianas, mejorar los procesos de producción, ser más competitivo y generar mayor riqueza a través de su trabajo, evitando desgastarse e incluso, tener que hacerlo por sí mismo. A partir de la inventiva, experiencia y demás virtudes que el hombre posee ha podido generar miles de soluciones a sus problemas cotidianos, si unimos parte de estas virtudes con la necesidad de mejorar, ser más competitivo, reducir al máximo su participación en los trabajos pesados y generar para sí mismo mayores beneficios, encontramos soluciones tan creativas y a la vez tan avanzadas que nos permiten eliminar por un instante los límites que el hombre como ser racional posee.

En medio de su afán por mejorar sus producciones, conseguir mayores beneficios, y ser mejor cada día, el hombre de la mano de la tecnología, grandes investigaciones y una infinidad de posibilidades ha logrado crear sistemas automáticos, que de una u otra manera han hecho más fácil y a la vez más productiva la vida del hombre.

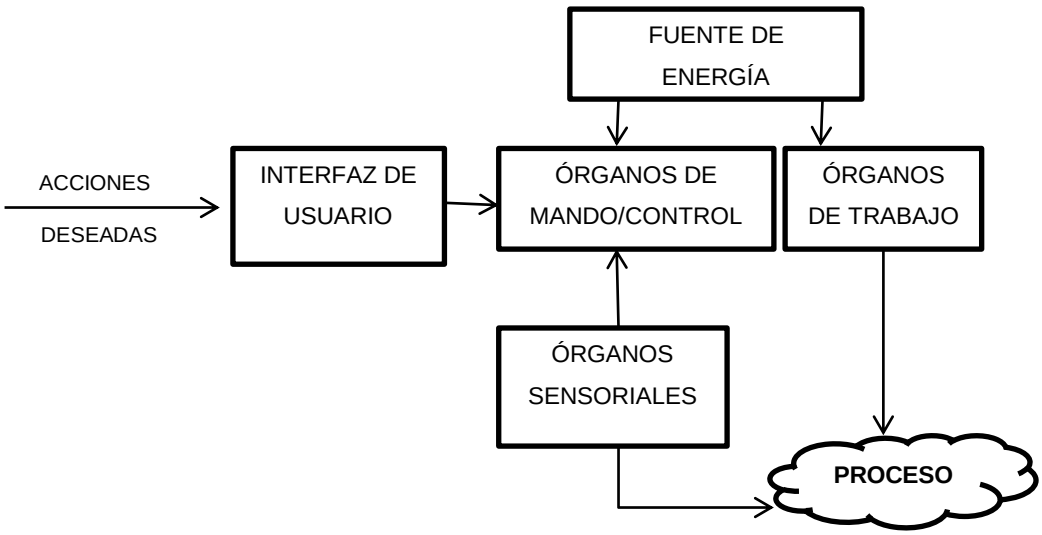
Estos sistemas, creados a partir de conceptos básicos de las diferentes ciencias, ramas de la industria, e incluso de necesidades tan básicas como el tener que contar, han generado en el hombre la necesidad de tener todo proceso de manera automática, a partir de esta idea, se concibe la automatización, como una serie de sistemas que de manera automática o semiautomática logran realizar cualquier trabajo en menos tiempo y con mayor calidad.

Dentro de las grandes posibilidades que se tiene a partir de lo existente, cualquier aparato, mecanismo o sistema es apto para sufrir modificaciones de este tipo, basta únicamente con aplicar conceptos de las ciencias básicas, con conceptos más nuevos, tecnológicos y de gran alcance.

La automatización como proceso ha sido una de las mayores creaciones del hombre, pues a partir de sus resultados se han logrado disminuir significativamente fallas de tipo humano, así como se han mejorado los niveles de producción, y sus mismos niveles de vida(SABOGAL, 2012).

2.3 Elementos de la automatización

Figura 1.Elementos de la automatización



Fuente: Autores

2.4 Clases de automatización

Existen varias clases de automatización, pero las más importantes son:

- Automatización fija.
- Automatización programable.
- Automatización flexible.

2.4.1 *Automatización fija.* Es un sistema en el cual la secuencia de las operaciones de proceso o ensamble está determinada por la configuración del equipo. Esta secuencia de operaciones usualmente es simple. Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, por tanto, se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto con rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Un posible inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

Figura 2.Automatización fija

Fuente:http://inteligencia-artificialrobotica.blogspot.com/p/automatizacion-y-robotica.html

Las características principales de la automatización fija son:

- Alta inversión inicial en equipo diseñado bajo requisitos específicos.
- Altas tasas de producción.
- Poca flexibilidad para aceptar cambios en los productos.

La justificación económica de la automatización fija se encuentra en productos con altas razones de demanda y volumen. El alto costo inicial del equipo se puede

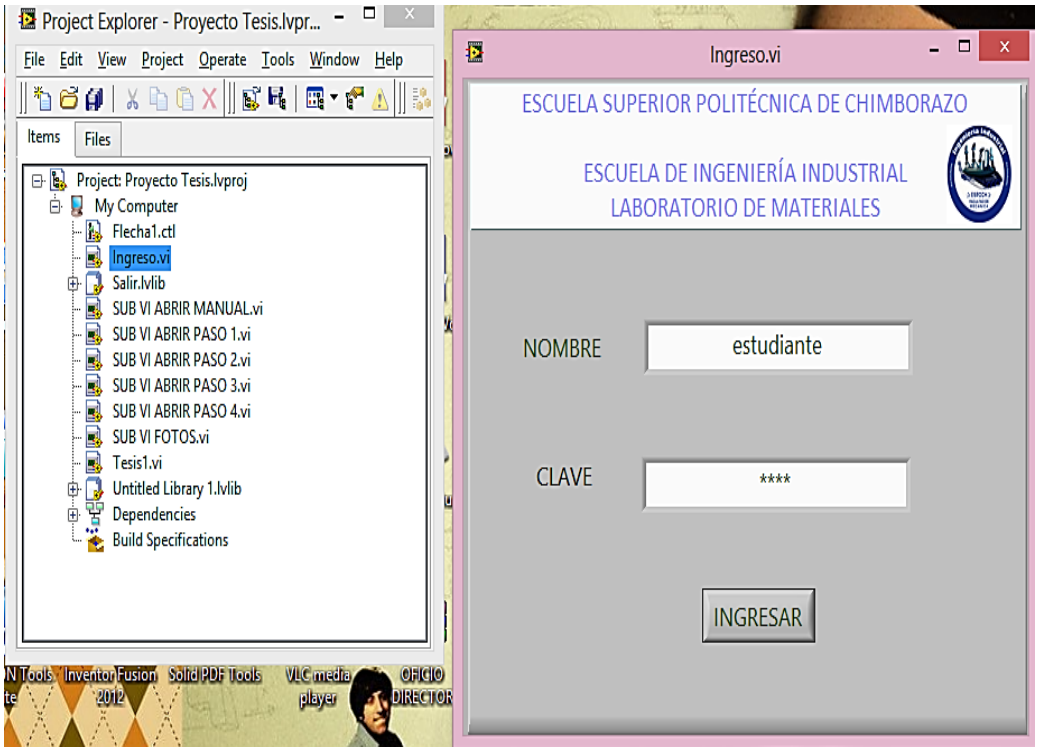
distribuir entre un gran número de piezas, haciendo así el costo unitario atractivo en comparación con otros métodos de producción.

2.4.2 *Automatización programable*. La automatización programable se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a las variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa (software).

Las características típicas son:

- Fuerte inversión en equipo general.
- Índices bajos de producción para la automatización fija.
- Flexibilidad para lidiar con cambios en la configuración del producto.
- Conveniente para la producción en montones.

Figura 3.Automatización programable



Fuente: Software LabVIEW 2011

Utiliza los mismos equipos para diferentes sistemas de producción con el objetivo de disminuir costos y proporcionar mayor flexibilidad en el tipo de producción. Los procesos en los que se emplea tienen las siguientes características:

- El equipo tiene la capacidad de cambiar la secuencia de operación mediante programa para adaptarse a variaciones del producto.
- Equipos de propósito general.
- Producción baja media.
- Posibilidad de gran variedad de productos.
- Inversión en equipos de propósito general.
- Reprogramación de robots, máquinas de control numérico, autómatas programables, etc.
- Modificación física de las herramientas.

2.4.3 *Automatización flexible(GÓMEZ, 2004).* Es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas poseen características de la automatización fija y de la automatización programada.

Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

La automatización flexible es una extensión de la automatización programable. Su concepto se ha desarrollado en los últimos 15 o 20 años, y sus principios siguen evolucionando. Un sistema automatizado flexible es aquel que puede producir una variedad de productos (o partes) con virtualmente ninguna pérdida de tiempo para cambios entre un producto y el siguiente. No hay tiempo de producción perdido mientras se reprograma el sistema y se cambia la preparación física (herramientas, aditamentos, parámetros de las máquinas).

En consecuencia, el sistema puede producir varias combinaciones y programaciones de productos, en lugar de requerir que se hagan en lotes separados. Las características de la automatización flexible se pueden resumir en:

- Alta inversión en un sistema diseñado bajo requerimientos específicos.
- Producción continúa de mezclas variables de productos.
- Tasas de producción medias.
- Flexibilidad para adaptarse a variaciones en el diseño del producto.

2.5 ¿Qué es LabVIEW?

LabVIEW es un entorno de desarrollo altamente productivo que los ingenieros y científicos utilizan para la programación gráfica y la integración de hardware sin precedentes, para diseñar y desplegar rápidamente sistemas de medidas y control. En esta plataforma flexible, los ingenieros escalan del diseño a las pruebas y de sistemas pequeños a grandes.

LabVIEW es un revolucionario ambiente de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de mediciones y presentaciones de datos. LabVIEW posee gran flexibilidad y un poderoso ambiente de programación sin la complejidad de los ambientes tradicionales(HOLGUIN, 2002).

Lenguaje desarrollado para medición, control y automatización. A diferencia de los lenguajes de propósito general, LabVIEW provee funcionalidad específica para que pueda acelerar el desarrollo de aplicaciones de medición, control y automatización.

Ambiente de desarrollo intuitivo para incrementar su productividad. LabVIEW le entrega herramientas poderosas para crear aplicaciones sin líneas de texto de código. Con LabVIEW solo es posible arrastrar y colocar objetos ya construidos para rápidamente crear interfaces de usuario.

Fácil integración con miles de instrumentos y dispositivos de medición.LabVIEW se puede conectar virtualmente con todo tipo de hardware incluyendo instrumentos de escritorio, tarjetas insertables, controladores de movimiento y controladores lógicos programables.

Ambiente abierto para usar con otras aplicaciones. Con LabVIEW usted se puede conectar con otras aplicaciones y compartir datos a través de ActiveX, la Web, DLLs, librerías compartidas, SQL, TCP/IP, XML, OPC y otros.

Compilado para optimizar el desempeño del sistema.En muchas aplicaciones, la velocidad de ejecución es vital. Con un compilador incluido que genera código optimizado, sus aplicaciones en LabVIEW entregan velocidades de ejecución comparables con programas C compilados. Con LabVIEW puede desarrollar sistemas que cumplan con sus requerimientos de desempeño a través de las plataformas incluyendo Windows, Macintosh, UNIX o sistemas de tiempo real.

2.6 Beneficios de usar LabVIEW

Integra cualquier hardware y software de medición. LabVIEW está altamente integrado con el hardware de medida, con lo que se puede configurar y usar rápidamente cualquier dispositivo de medida que se tenga. Con LabVIEW puede conectarse a miles de instrumentos de medida para construir sistemas de medida completos, incluyendo desde cualquier tipo de instrumento autónomo hasta dispositivos de adquisición de datos, controladores de movimiento y sistemas de adquisición de imagen. Además LabVIEW trabaja con más de 1000 librerías de instrumentos de cientos de fabricantes, y muchos fabricantes de dispositivos de medida incluyen también herramientas de LabVIEW con sus productos.

Proteja su inversión. Con LabVIEW, puede construir sistemas definidos por el usuario mucho más rápidamente que con métodos tradicionales. Ya que las necesidades de las aplicaciones cambian, los sistemas definidos por el usuario de LabVIEWtienen la flexibilidad necesaria para poder modificarlos sin la necesidad de incorporar equipos nuevos. Utilizando un sistema basado en LabVIEW, tiene acceso a sistemas de instrumentación completos con costos mucho más bajos que un único instrumento comercial. National Instruments también asegura que los programas que desarrolla hoy pueden migrar para aprovechar las tecnologías del futuro.

Aumente el rendimiento del su sistema. LabVIEW está optimizado para el desarrollo de las aplicaciones de medida y automatización más exigentes. Debido a que la instrumentación virtual está basada en la tecnología informática estándar, usted puede disfrutar de un aumento exponencial en el rendimiento con un costo mucho más bajo que el de un nuevo instrumento de medida dedicado.

Además, LabVIEW se caracteriza por su compilador gráfico optimizado en multihilo para maximizar el rendimiento del sistema. Con LabVIEW puede desarrollar sistemas con el rendimiento necesario para las aplicaciones más exigentes.
Tanto en laboratorio como en producción, los sistemas de medida más rápidos significan un aumento de la producción.
Con el poder de LabVIEW se pueden reducir los costos de cualquier prueba o llevar a cabo más experimentos de forma más rápida.

Desarrolle en un entorno completo. Tiene extensas capacidades de adquisición, análisis y presentación disponibles en un sólo paquete, de tal forma que se puede crear una solución completa de manera única en la plataforma que ha elegido. Con LabVIEW puede publicar sus aplicaciones de datos en la Web muy fácilmente o conectarse a otras aplicaciones a través de una variedad de tecnologías estándar, como TCP/IP, DLLs y ActiveX(KLIICYE, 2010).

LabVIEW para investigación y análisis. Puede utilizar LabVIEW para analizar y registrar resultados reales para aplicaciones en sectores como el automotriz, investigación de energía y muchos otros. Para las aplicaciones que requieren sonido y vibración, procesado de imagen, análisis de tiempo y frecuencia conjunta, wavelets y diseño de filtros digitales,LabVIEW ofrece software extra especialmente diseñado para aumentar la velocidad de desarrollo del sistema.

LabVIEW para control de procesos y automatización en fábrica. Puede utilizar LabVIEW para numerosas aplicaciones de control de procesos y automatización. Con LabVIEW puede realizar medidas y control de alta velocidad y con muchos canales. Para aplicaciones de automatización industrial complejas y a gran escala hemos diseñado el módulo de Datalogging and Supervisory Control, con el que se puede monitorear gran número de puntos de E/S, comunicarse con controladores industriales y redes y proporcionar control basado en PC.

LabVIEW para el monitoreo y control de máquinas. LabVIEW es ideal para el monitoreo de maquinaria y para aplicaciones de mantenimiento predictivo que necesitan controles determinísticos, análisis de vibraciones, análisis de visión e imagen o control de movimiento. Con la familia de productos LabVIEW, incluyendo LabVIEW de Tiempo Real para control determinístico y confiable, se pueden crear potentes aplicaciones de monitoreo y control de maquinaria de manera rápida y precisa.

2.6.1 *Tips para trabajar en LabVIEW.* Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros VIs.

Todos los VIs tienen un panel frontal y un diagrama de bloques. Las paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VIs.

LabVIEW tiene muchas teclas de atajo que hacen el trabajo más fácil. Las más comunes se listan a continuación:

- <Ctrl-H> - Activa/Desactiva la ventana de ayuda.
- <Ctrl-B> - Remueve todos los cables rotos del diagrama de bloques.
- <Ctrl-E> - Cambia entre el panel frontal y el diagrama de bloques.
- <Ctrl-N> - Se crea un nuevo VI.
- <Ctrl-T> - Aparece la ventana del panel frontal y el diagrama de bloques.
- <Ctrl-Z> - Deshacer cambios.

2.7 Control de imagen

Las técnicas para el procesamiento digital de imágenes, cuentan en la actualidad con una amplia gama de aplicaciones en diversos campos científicos, comerciales y en el esfuerzo técnico.

National Instruments (NI) ha sido el líder en visión artificial y procesamiento de imágenes por cerca de una década. El software de visión de NI se encuentra disponible en dos paquetes: el módulo de desarrollo de visión (NI VisionDevelopment Module) y el constructor de visión para inspección automatizada (NI Vision Builder for Automated Inspection) (CRUZ, 2010).

2.7.1 *Adquisición de imágenes*. Un sistema de adquisición de imágenes debe contar con los siguientes elementos:

- La fuente de luz para iluminar la escena (iluminación).
- El sistema que permite capturar la imagen (cámara).
- Una interfaz entre el sistema sensor y el computador.

Iluminación

El diseño de un correcto sistema de iluminación es importante para la implementación de un SVA. Una adecuada iluminación permitirá resaltar los rasgos de interés del objeto, reducir la complejidad de la imagen a analizar y mejorar el tiempo de respuesta del procesamiento digital.

Existen variadas técnicas de iluminación, no se puede asegurar cuál es la mejor; depende de la característica que se desea resaltar del objeto a analizar.

Cámara

El sensor es considerado el corazón de la cámara digital, por lo que se las clasifican de acuerdo al tipo de sensor que emplean. Se las divide en dos grandes grupos: cámaras de dispositivo de carga acoplada y cámaras de semiconductor de óxido metálico complementario.

Tarjeta de adquisición de imágenes

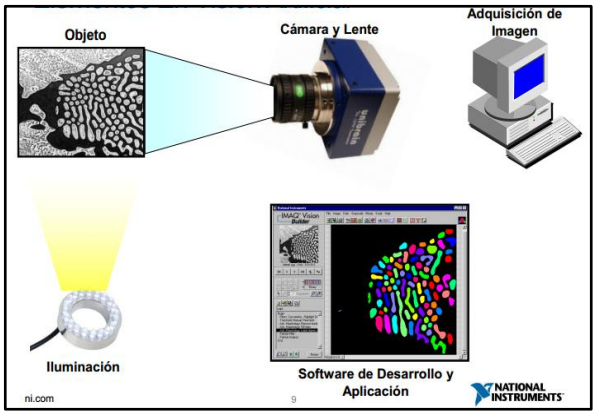
Las tarjetas de adquisición de imágenes tienen la función de transmitir la información (analógica o digital) obtenida por los sensores de la cámara al computador, para que se puedan llevar a cabo los procesos del sistema de visión artificial. Las tarjetas de adquisición de imágenes son diferentes a las tarjetas gráficas de las computadoras, ya que deben realizar funciones más complejas.

La tarjeta de adquisición de imágenes debe ser capaz de:

- Procesar la información de diferentes fuentes de imágenes.
- Almacenar la información de manera rápida y eficiente.
- Ofrecer una interfaz gráfica al usuario, con la finalidad de facilitar el manejo de la información recibida.
- Ser flexible a diferentes tipos de aplicaciones(GORDILLO, 2009).

2.7.2 *Módulo de vision*

Figura 4.Elementos para el módulo de vision



Fuente: http://www.ni.com/labview/esa

Las técnicas para el procesamiento digital de imágenes, cuentan en la actualidad con una amplia gama de aplicaciones en diversos campos científicos, comerciales y en el esfuerzo técnico. En la presente investigación se presentará una introducción a la utilización del software, con la finalidad de realizar el análisis, inspección y procesamiento digital de imágenes; se intentará demostrar lo poderosa y útil de esta herramienta, para la creación de algoritmos orientados al procesamiento de las imágenes digitales.

El módulo de vision está diseñado para ayudar a desarrollar e implementar aplicaciones de visión artificial. Incluye cientos de funciones para adquirir imágenes de una multitud de cámaras y para procesar las imágenes mediante la mejora de ellos, la comprobación de presencia, la localización de características, la identificación de objetos, y la medición de piezas (GORDILLO, 2009).

2.7.3 *Razones para utilizar el módulo vision development*

- Utiliza un solo paquete de software para todas sus aplicaciones. Adquiere y procesa imágenes con una amplia gama de cámaras y hardware de visión para reducir el tiempo de desarrollo y los costes de mantenimiento, así como el puerto código existente al cambiar el hardware.

- Procesa imágenes con una suite completa de algoritmos. Si realiza el reconocimiento óptico de caracteres en el envasado de productos farmacéuticos o el examen de los paneles solares en busca de grietas, se pueden utilizar los cientos de algoritmos en el módulo vision development para afrontar cualquier reto o aplicación de visión.

- Se integra con PLCs, unidades de movimiento y dispositivos de automatización.

La presente tesis se trabajó usando el módulo de desarrollo de visión debido a que posee cientos de funciones de visión que se puede usar con LabVIEW.
A continuación se mencionan varias de las razones para seleccionar el software de NI como el más adecuado.

- ***Elección de cámara*.** El software y hardware de NI es compatible con cientos de cámaras abarcando desde cámaras analógicas de bajo costo hasta las de escaneo de líneas de alta velocidad.

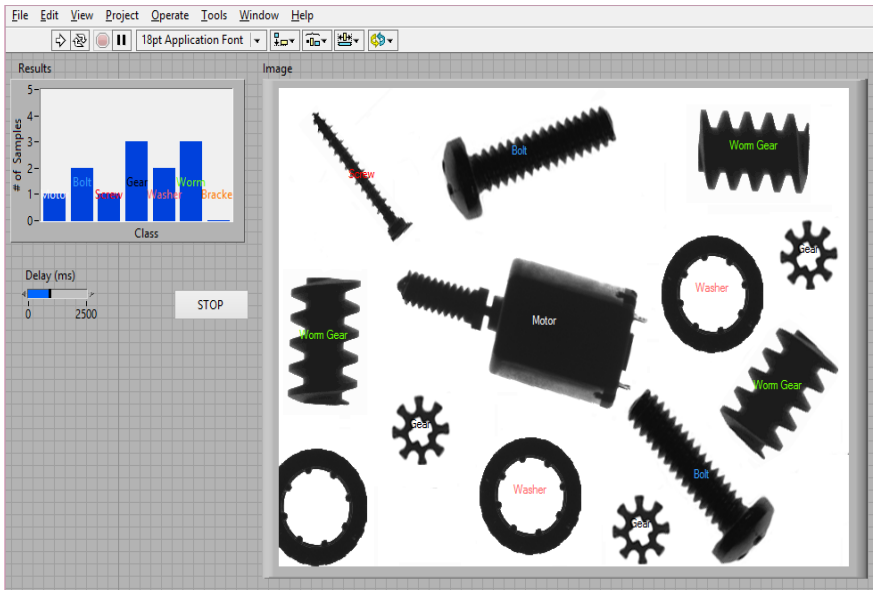
Figura 5.Cámaras de video

Fuente: Fuente: http://www.ni.com/labview/esa

- ***Escalabilidad del hardware.*** Así como escoger la cámara correcta es crucial para cualquier aplicación, la escalabilidad es otra consideración importante. Debido a que la tecnología en el desarrollo de cámaras avanza rápidamente, algún día se deseará cambiar la cámara por una de mejores características. NI proporciona varios paquetes (NI-IMAQ drivers) para cambiar la cámara sin necesidad de cambiar el software.

- ***Software de uso fácil.*** Programar una aplicación de visión suele resultar algo complejo, pero NI proporciona una herramienta conocida como el Asistente de Visión (Vision Assistant); el cual proporciona un ambiente para hacer prueba de diferentes funciones de visión para observar cómo trabaja la aplicación y la eficiencia del programa.

Figura 6.Asistente de visión de NI



Fuente: Ejemplos software LabVIEW 2011

- **Algoritmos de amplitud y precisión.** Todas las funciones proporcionadas por el módulo de desarrollo de vision presentan la ventaja de utilizar precisión de sub-píxeles para realizar interpolaciones, medir distancias y demás medidas que van desde el décimo de píxel.

- **Desempeño del algoritmo.** NI Vision Software está altamente optimizado para maximizar el rendimiento de cada posible fuente, resultando ser un software que rivaliza con otros paquetes de alta velocidad a nivel mundial.

2.7.4 *Teoría del control de imagen.* Las técnicas para el procesamiento digital de imágenes, cuentan en la actualidad con una amplia gama de aplicaciones en diversos campos científicos, comerciales y en el esfuerzo técnico. En el desarrollo se presentará una breve introducción a la utilización del software, con la finalidad de realizar el análisis, inspección y procesamiento digital de imágenes; se intentará demostrar lo poderosa y útil de esta herramienta, para la creación de algoritmos orientados al procesamiento de las imágenes digitales.

2.7.5 *Pasos para escoger un buen sistema del módulo de vision*

Elección de la cámara. National Instruments, en sus comienzos tenia cerrado su sistema de adquisición a productos que ellos mismos tenían , es decir los módulos de vision solo tenían soporte para las Smart- Cameras, las NI-IMAQ para IEEE 1394 cameras y en general todos los sistemas compact visión system. , es decir dejaba de lado el uso de otro tipo de cámaras como las WEBCAM con las cuales se está bastante acostumbrado en el sector educativo, para solucionar esto se trabajaba con librerías de terceros que funcionaban muy bien a la hora de desarrollar aplicaciones,no fue sino hasta la versión de LabVIEW 2009 que National Instruments lanza una extensión de su librería de imagen NI-IMAQ a la que llamo NI-IMAQdx, donde ya se tenía soporte para webcam que soportaran la tecnología DirectShow que sin duda facilitó el uso de este tipo de cámaras.

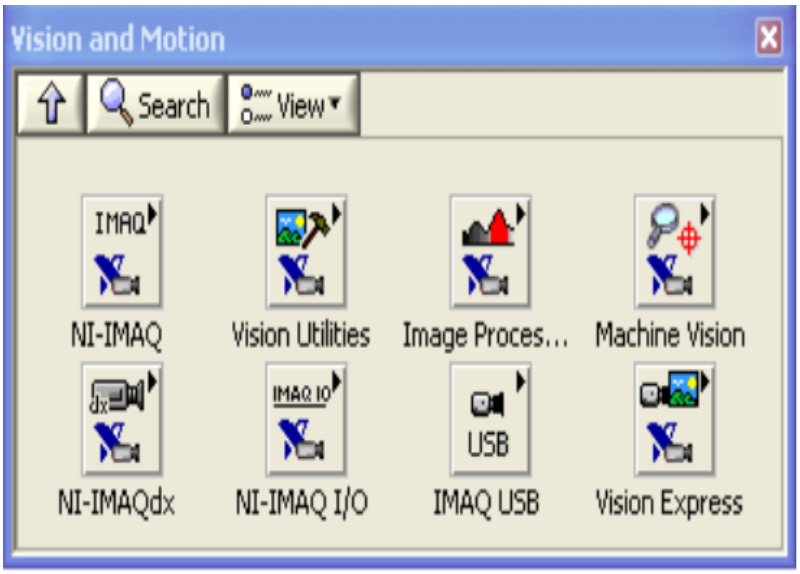
Procesamiento de la imagen. Una vez que se adquiere una imagen, el siguiente paso es procesarla. Debido a que hay diferentes algoritmos hoy en día, encontrar las herramientas correctas se volvió un proceso complicado y casi siempre es a través de ensayo y error que al implementarlo en un lenguaje de programación puede ser tedioso e ineficaz.

Teniendo esto presente, se necesita de herramientas de software de vision para ayudarle a sacar el máximo provecho de los algoritmos. LabVIEW presenta muchas herramientas para solucionar esto.

Cuenta con software configurable como el NI Vision Builder AI que proporciona una forma fácil de navegar, un entorno interactivo para configurar, evaluar e implementar aplicaciones de visión artificial. Visión Builder AI incluye casi 50 herramientas populares de visión artificial, tales como reconocimiento de patrones, OCR, lectores código de barras, códigos QR, y ajuste de color. Se puede adquirir imágenes de cualquier cámara compatible con NI y comunicar los resultados de inspección con otros dispositivos que utilizan los protocolos de la industria a través de Ethernet, serial, o E / S digital.

La programación de aplicaciones complejas de visión puede ser fácilmente desarrollada con Visión Builder AI, además con National Instruments se pueden desplegar aplicaciones en LabVIEW, de forma fácil y sencilla con NI Visión Assistant. Incluido en NI Visión Development Module, el asistente de visión es un entorno de creación de prototipos con los que se puede experimentar de forma interactiva con funciones de visión. Una vez que determine la mejor manera de satisfacer su aplicación, simplemente se hace clic en un botón y el asistente de visión genera código para ejecutar en LabVIEW. Esto sirve en gran medida para probar los algoritmos antes de desarrollar una aplicación.

Figura 7.Menú de instrumentos virtuales de vision and motion

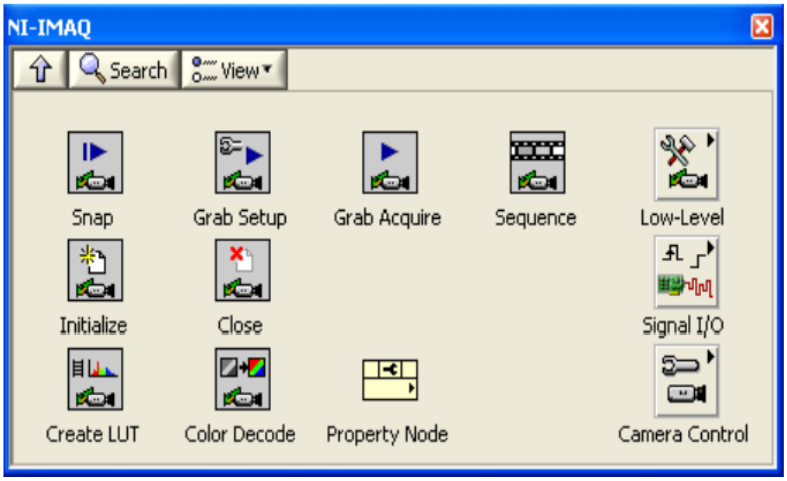


Fuente: Software LabVIEW 2011

El conjunto de librerías que nos facilita IMAQ Vision para el diagrama de bloques son las siguientes:

Ni-IMAQ. Posee los instrumentos virtuales (Virtual Instruments, VI) que establecen el sistema de adquisición y captura las imágenes.

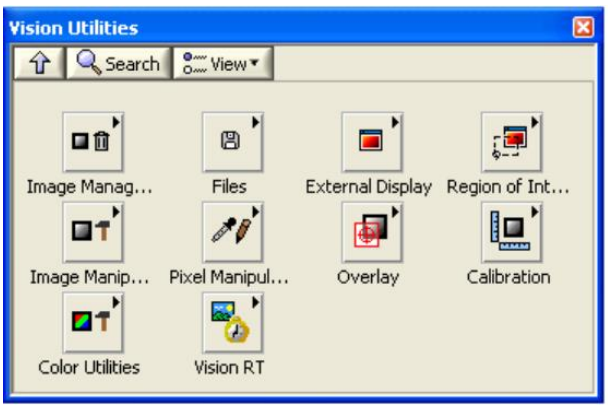
Figura8.Menú NI-IMAQ



Fuente: Software LabVIEW 2011

Vision utilities. Proporciona los instrumentos virtuales que permiten obtener y manipular imágenes en NI Vision, leer y escribir imágenes en diferentes formatos, establecer regiones de interés, manipular los píxeles, sobreponer líneas o rectángulos, calibrar para realizar conversiones de medidas de píxeles a medidas del mundo real.

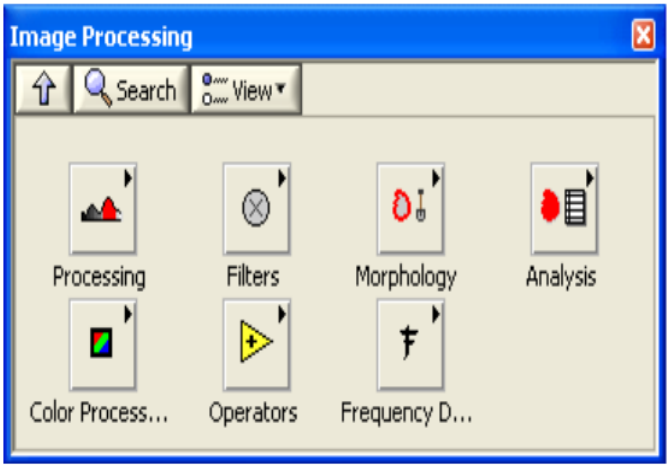
Figura 9.Menú de visionutilities



Fuente: Software LabVIEW 2011

Image processing. Presenta un conjunto de instrumentos virtuales que se utilizan para analizar, filtrar y procesar imágenes de NI Vision.

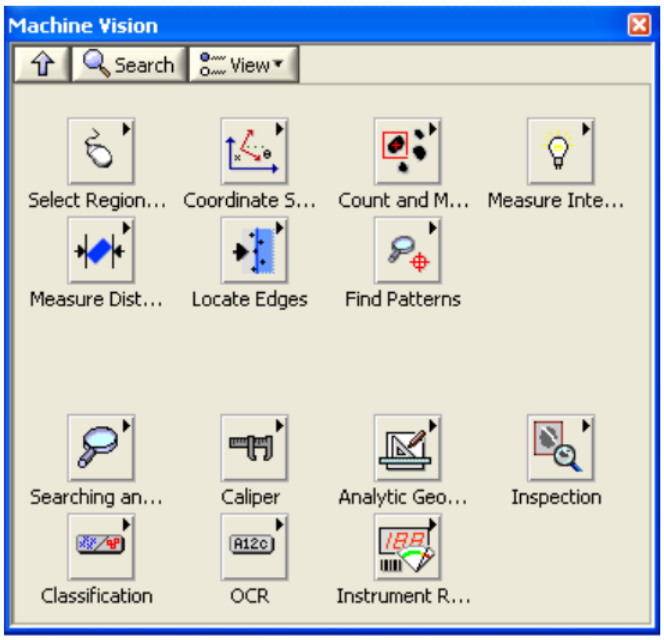
Figura 10.Menú de imageprocessing



Fuente: Software LabVIEW 2011

Machine visión. Posee instrumentos virtuales que se utilizan en la visión artificial para realizar inspecciones de objetos, búsqueda de patrones, localización de bordes, análisis de partículas, selección dinámica de regiones de interés, etc.

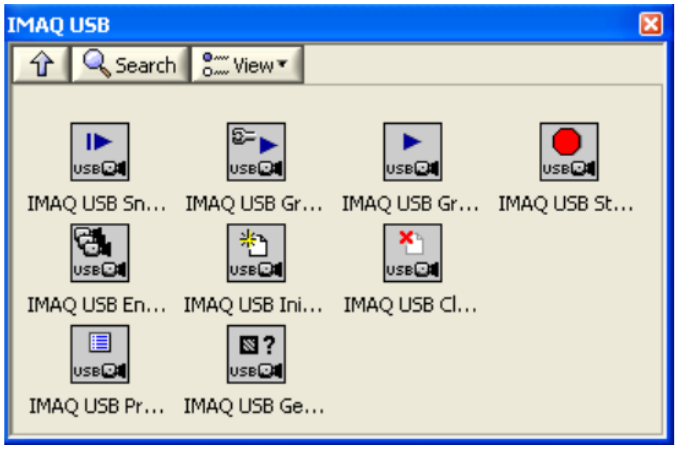
Figura 11.Menú de machine vision



Fuente: Software LabVIEW 2011

IMAQ USB. Proporciona los instrumentos virtuales necesarios para establecer el funcionamiento y adquisición de imágenes a través de cámaras USB de bajo costo.

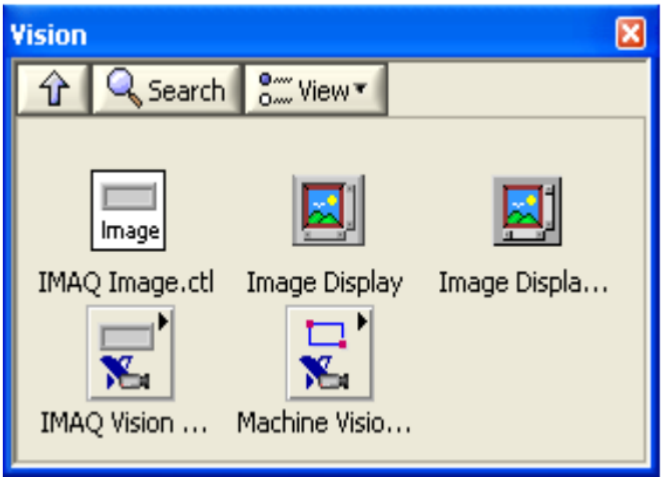
Figura 12.Menú de IMAQ USB



Fuente: Software LabVIEW 2011

En el panel frontal el conjunto de instrumentos virtuales que proporciona NI Vision se pueden observar en la imagen:

Figura 13.Menú del panel frontal de vision



Fuente: LabVIEW 2011

Mejoramiento de la imagen

Se pueden usar herramientas de filtrado para enfocar bordes, eliminar ruido, extraer información, también se cuenta con herramientas de calibración de imagen para eliminar los errores de linealidad y perspectiva causada por distorsiones de los lentes o colocación de las cámaras, también se puede utilizar calibración de imagen para hacer pruebas con dimensiones o tamaños (VALENCIA, 2012).

2.8 Definición de materiales

Un material es un elemento que puede transformarse y agruparse en un conjunto. Los elementos del conjunto pueden tener naturaleza real (tangibles), naturaleza virtual o ser totalmente abstractos (Wikipedia, 2013).

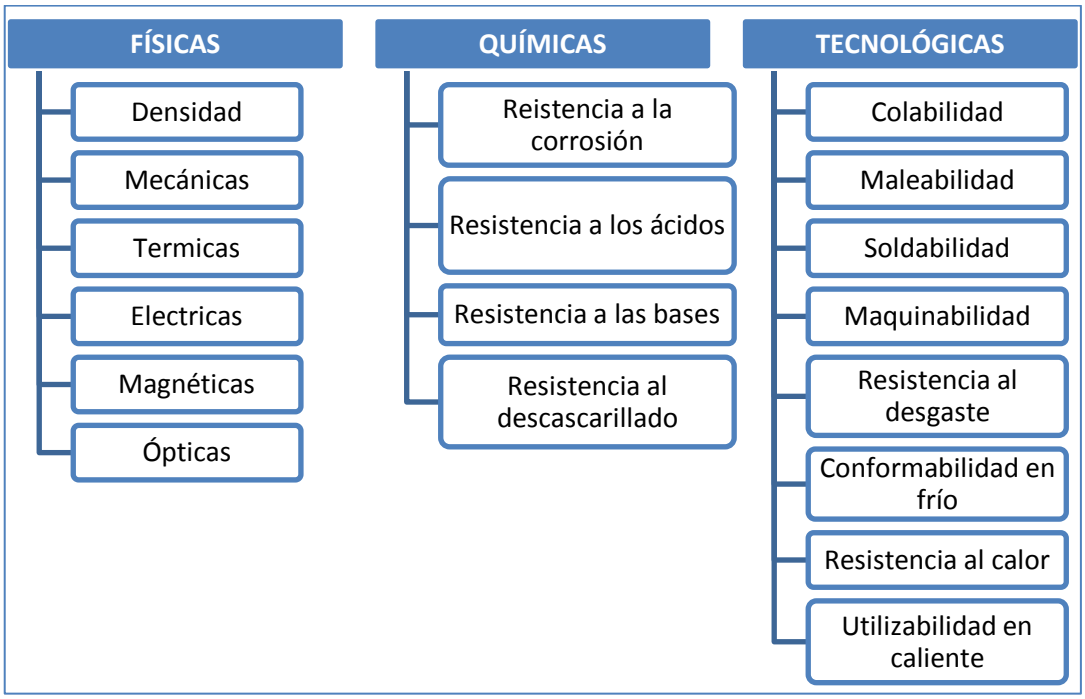
En ingeniería, un material es una sustancia (elemento o, más comúnmente, compuesto químico) con alguna propiedad útil, sea mecánica, eléctrica, óptica, térmica o magnética. El material puede ser simple o complejo y también heterogéneo.

Figura 14. Materiales

Fuente: http://inoxidablesmt.blogspot.com

2.9 Propiedades de los materiales

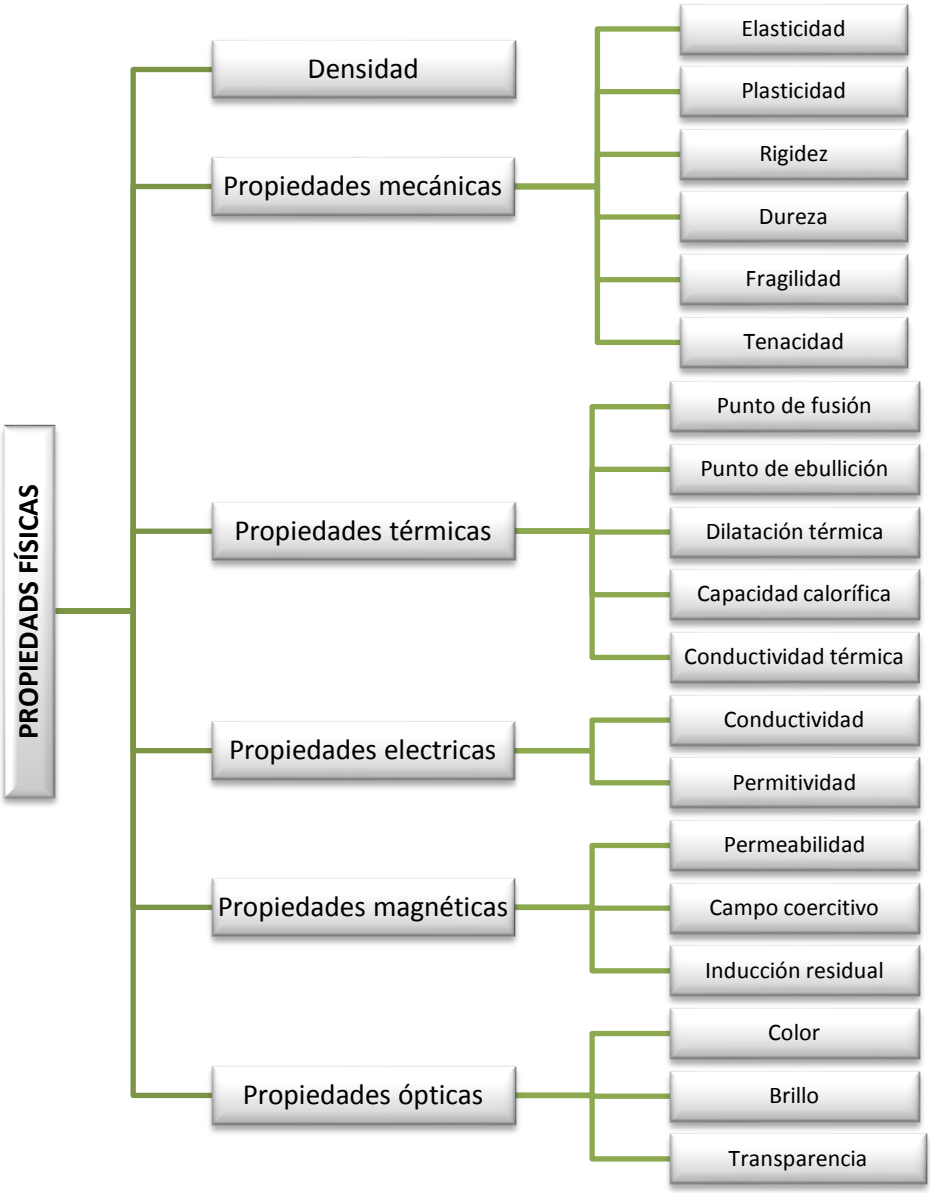
Figura 15.Propiedades de los materiales



Fuente: Autores

2.9.1 *Propiedades físicas*

Figura 16. Propiedades Físicas

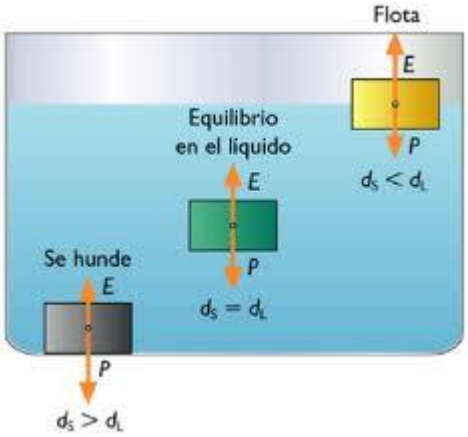


Fuente: Autores

Densidad

Es el coeficiente entre la masa del cuerpo y su volumen = Kg/m^3. La densidad es una medida de cuánto material se encuentra comprimido en un espacio determinado; es la cantidad de masa por unidad de volumen.

Figura 17. Densidad

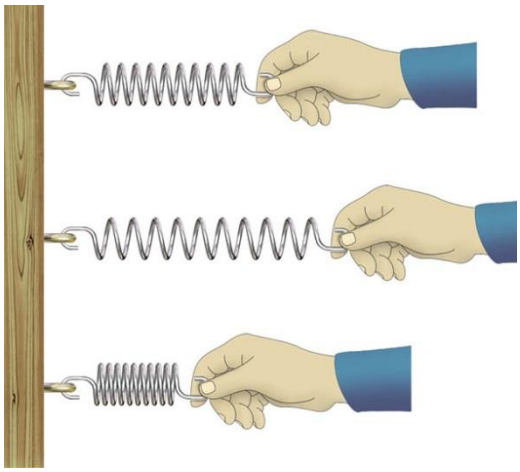


Fuente: http://conocimientosabio6.blogspot.com/2012_12_01_archive.html

Propiedades mecánicas

- *Elasticidad.* En física el término elasticidad designa la propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan(Wikipedia, 2013).

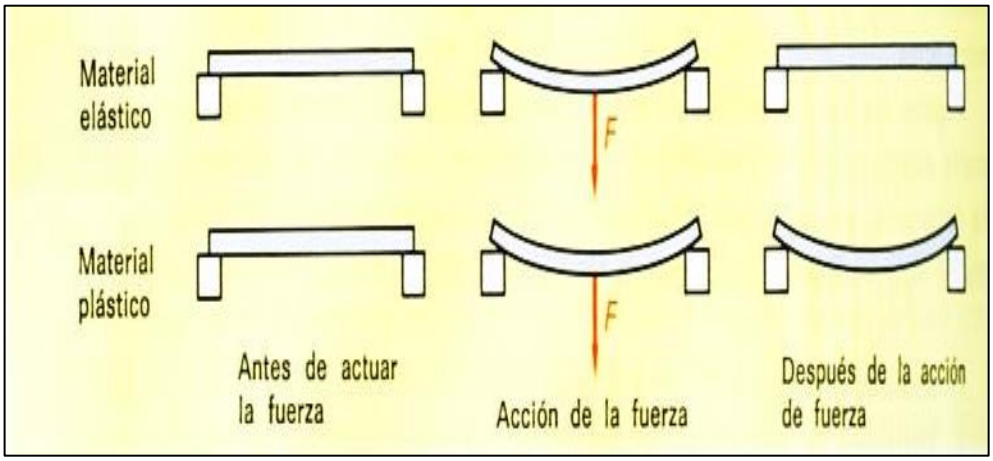
Figura 18. Elasticidad



Fuente: http://materialesjm.blogspot.com/

- *Plasticidad.* Es la propiedad de un material que queda deformado después de haber actuado sobre él una fuerza, o sea que no vuelve a su forma original al desaparecer la fuerza.

Figura 19. Plasticidad y elasticidad



Fuente: ALMENDARIZ Marco, Materiales.p.21

- *Rigidez.* En ingeniería, la rigidez es la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones y/o desplazamientos.
  Los coeficientes de rigidez son magnitudes físicas que cuantifican la rigidez de un elemento resistente bajo diversas configuraciones de carga. Normalmente las rigideces se calculan como la razón entre una fuerza aplicada y el desplazamiento obtenido por la aplicación de esa fuerza.(Wikipedia, 2013)

Figura 20. Rigidez

Fuente: http://www.franklinfibre.com/span/specialty_laminates.html

- *Dureza.* Es la resistencia que pone un material a la penetración de una punta o identador. El penetrador generalmente es una esfera, una pirámide o un cono, hechos de un material mucho más duro que el que se va a medir, por ejemplo: acero endurecido, carburo de tungsteno sinterizado o diamante. En la mayoría de las pruebas patrón, la carga se aplica al oprimir lentamente el penetrador, perpendicularmente a la superficie que se ensaya. Conociendo el valor de la

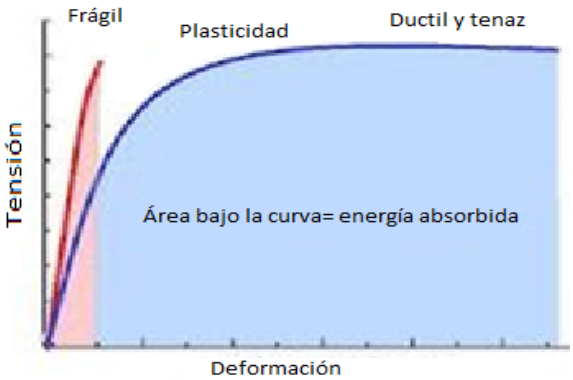
carga y el área de la sección transversal de la huella, o la profundidad de la misma, se puede calcular un valor empírico de la dureza, valores relativos los cuales nos permiten comparar unos materiales con otros. La medición de la dureza constituye uno de los métodos más utilizados, por su sencillez y rapidez para la inspección y control de un determinado material. Existen varias escalas en la medición de dureza. Así se tiene las escalas: Brinell, Rockell, Vickers HV y Shore.

Figura 21. Medidor de dureza

Fuente: http://www.setrix.ru/tverdomer-pce-2500.html

- *Fragilidad.* Se relaciona con la cualidad de los objetos y materiales de romperse con facilidad. Aunque técnicamente la fragilidad se define más propiamente como la capacidad de un material de fracturarse con escasa deformación. Por el contrario, los materiales dúctiles o tenaces se rompen tras sufrir acusadas deformaciones, generalmente de tipo deformaciones plásticas, tras superar el límite elástico(Wikipedia, 2013).

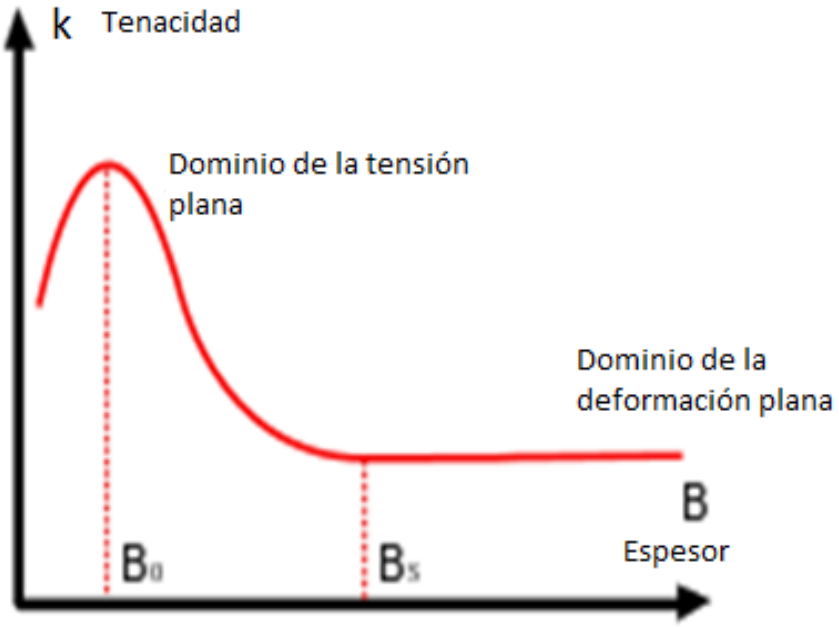
Figura 22. Fragilidad



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Fragilidad

- *Tenacidad.* Es la aptitud para resistir solicitaciones por choque. Un material es tenaz cuando tiene una buena resistencia a la tracción asociada a un buen alargamiento y a una buena RESILENCIA (energía absorbida en la zona elástica). Es la propiedad inversa de la fragilidad. Los materiales tenaces presentan considerables deformaciones plásticas bajo la acción de una fuerza antes de llegar a romperse.

Figura 23. Tenacidad



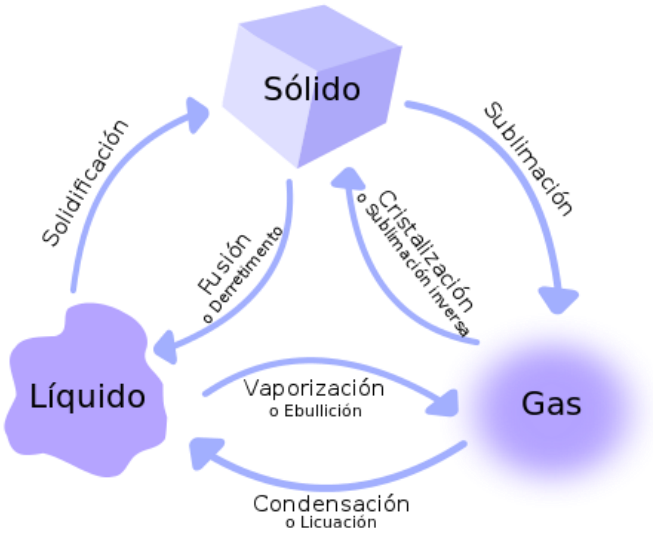
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Tenacidad

Propiedades térmicas

- *Punto de fusión.* Es la temperatura a la que el cuerpo sólido se convierte en líquido.

- *Punto de ebullición.* Es la temperatura a la que el cuerpo líquido se convierte en gas.

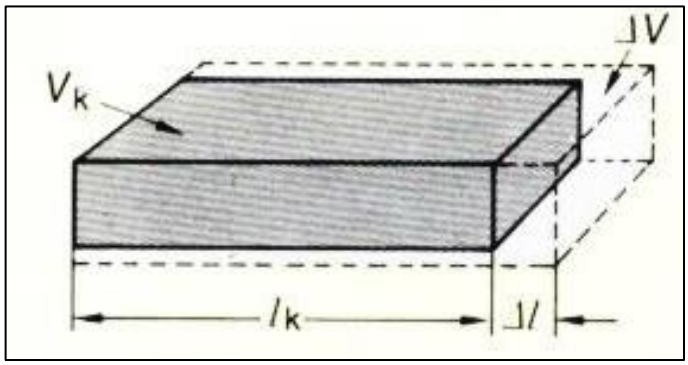
Figura 24. Cambios de Estado



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Cambio_de_estado

- *Dilatación térmica.* Es el incremento del volumen al aumentar la temperatura. En los cuerpos sólidos se suele emplear también el coeficiente de dilatación lineal.

Figura 25. Dilatación térmica



Fuente: ALMENDARIZ Marco, Materiales. p.30

- *Capacidad calorífica.* Es la cantidad de calor necesaria para calentar un material. Si se refiere a la unidad de masa se denomina calor específico.

- *Conductividad térmica.* Es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras la conductividad térmica es también la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto (Wikipedia, 2013).

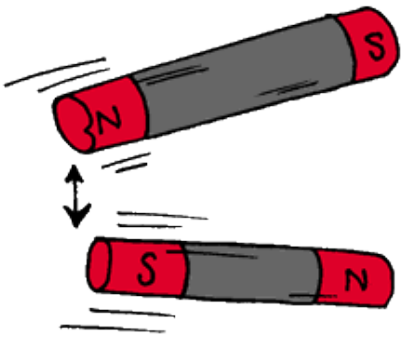
Propiedades eléctricas

La carga eléctrica y su movimiento es la responsable de las propiedades eléctricas de un material. Los tipos de cargas eléctricas móviles en un material: electronese iones. Tipos de enlaces según los materiales: Metálico: los electrones están compartidos por todos los núcleos atómicos del material (nube electrónico). Facilidad de movimiento. Covalente: los electrones están compartidos por un par de átomos. Alto grado de localización electrónica y gran dificultad de movimiento por el material. Iónico: iones positivos y negativos forman el material mediante fuertes interacciones electrostáticas, por tanto, los electrones tienen una gran dificultad de movimiento por el material (CORTÉZ, 2001).

Propiedades magnéticas

Generalmente no se reconoce que el desarrollo de materiales con nuevos niveles altos de propiedades magnéticas es la causa del surgimiento de muchos inventos nuevos, tales como la grabadora de cinta, los imanes de ferrita en los aparatos de televisión, los centros de memoria de los computadores, los imanes permanentes en los controles de motores y los aceleradores de partículas empleados en la investigación básica.

Figura 26. Magnetismo



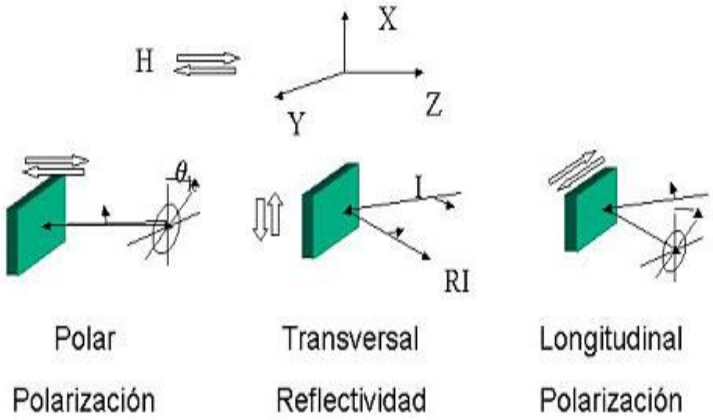
Fuente: http://www.academica.mx/grupos/an%C3%A1lisis-fen%C3%B3menos-electromagn%C3%A9ticos

Propiedades ópticas

Por propiedades ópticas son aquellas propiedades que regulan la emisión, absorción, transmisión, reflexión y refracción de la luz. Este campo abarca no sólo las propiedades bien conocidas, tal como la emisión de un filamento de tungsteno, las fuentes de color, transparencia, opacidad e índice de refracción, sino también las

nuevas áreas con crecimiento explosivo, como la iluminación fluorescente, el fósforo para los tubos de televisión y las emisiones de láser.

Figura 27.Propiedades ópticas



Fuente: http://www.madrimasd.org/revista/revista34/tribuna/tribuna2.asp

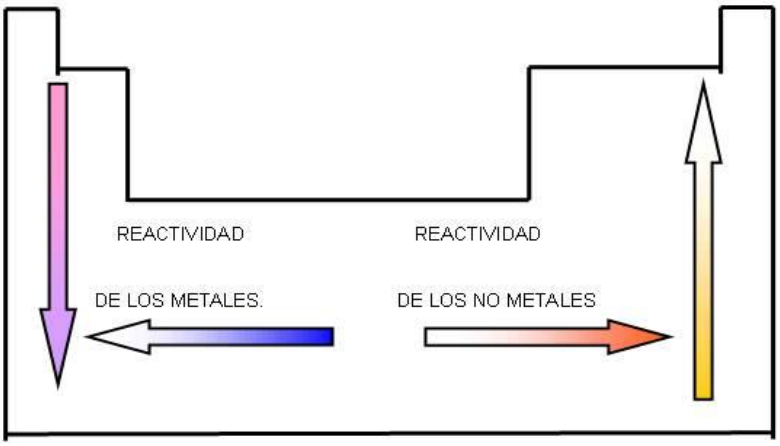
2.9.2 *Propiedades químicas*

- *Resistencia a la corrosión*. Es aquella propiedad que poseen ciertos materiales de resistir a trabajos expuestos a medios altamente corrosivos.

- *Toxicidad.* Es aquella propiedad que se manifiesta en aquellas industriales que emanan agentes tóxicos.

- *Volatilidad.* Es aquella propiedad que tienen ciertos líquidos de ser muy explosivos fácilmente.

Figura 28.Propiedades químicas de los materiales



Fuente: http://unidad111111111.blogspot.com/2013_04_01_archive.html

2.9.3 *Propiedades tecnológicas*

Estas propiedades indican el comportamiento del material al trabajarlo.

- *Colabilidad.* Se determinan colables los materiales que funden y pueden colarse en moldes a temperaturas rentables, por ejemplo: fundición gris, plomo, estaño y aleaciones de cobre.

Figura 29. Colabilidad

Fuente: http://www.fundicioneszabala.com/Fundicion-de-Aluminio-y-Aleaciones.html

- *Maleabilidad.* Es la capacidad de un metal para deformarse sin romperse y formar láminas, al someterse a un esfuerzo de compresión.

Figura 30. Maleabilidad

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Maleabilidad

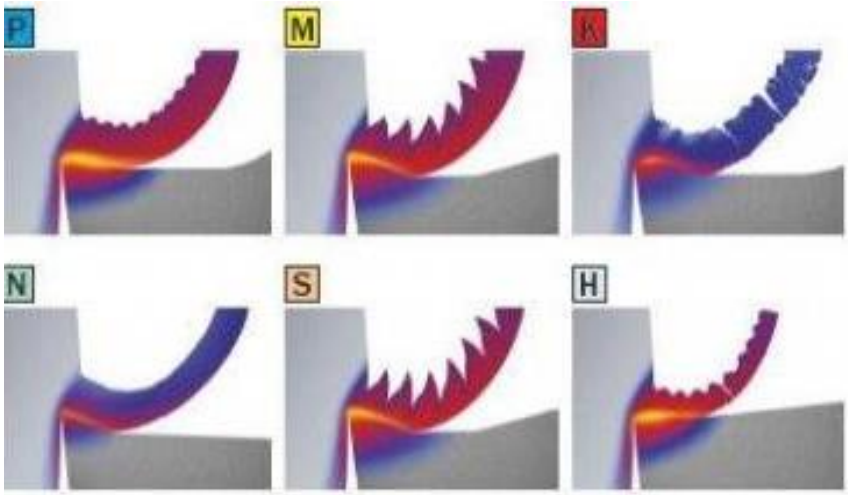
- *Soldabilidad.* Soldables son los materiales en los que, por unión de las substancias respectivas (soldadura por fusión o por presión) puede conseguirse una cohesión local.

Figura 31. Soldabilidad

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura

- *Maquinabilidad*. Se dice que son mecanizables por corte o arranque de viruta, aquellos materiales en los que, aplicando fuerzas tecnológicamente razonables, puede romperse la cohesión de las partículas.

Figura 32. Maquinabilidad



Fuente: http://www.sandvik.coromant.com/ko-kr/knowledge/materials/workpiece_materials/machinability_definition/pages/machinability-%E2%80%93-definition.aspx

- *Forjabilidad*. Forjables son aquellos materiales en los cuales por intermedio del calor o temperatura se dan variadas formas a los mismos.

Figura 33. Forjabilidad

Fuente: http://www.maggioni.net/sito_es/empresa1.htm

2.10 Aleación

Una aleación es una sustancia que tiene propiedades metálicas y está constituida por dos o más elementos químicos, de los cuales por lo menos uno es un metal.

Un sistema de aleación contiene todas las aleaciones que pueden formarse por varios elementos combinados en todas las proporciones posibles. Si el sistema se forma por dos elementos, se llama sistema de aleación binaria; si se forma por tres elementos, se denomina sistema de aleación ternaria; etc.

Si se toman sólo 45 de los metales más comunes, cualquier combinación de dos metales dará 990 sistemas binarios; con combinaciones de tres metales, se obtendrán más de 14.000 sistemas ternarios, sin embargo, para cada sistema, es posible contar con gran número de aleaciones diferentes.

Si la composición varía en 1% cada sistema binario dará 100 clases de aleaciones diferentes. Como las aleaciones comerciales suelen contener muchos elementos, es obvio que el número de aleaciones posibles es casi infinito.

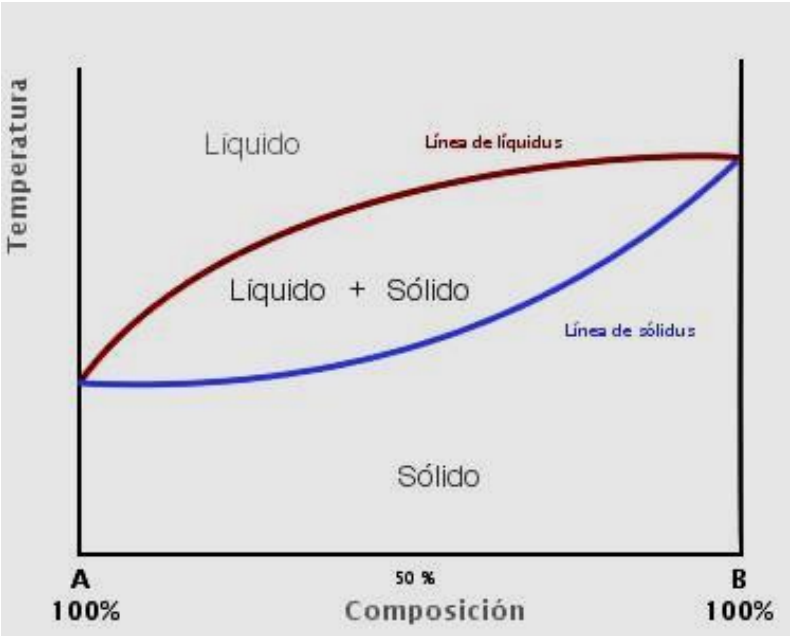
2.11 Diagramas de fase

Un diagrama de fase es cualquier representación gráfica de las variables de estado asociadas con las microestructuras (a través de la regla de las fases de Gibbs). En la práctica, los diagramas de fases ampliamente usados por los ingenieros, son los diagramas binarios, que representan sistemas de dos componentes (C= 2 en la regla de las fases de Gibbs) y los diagramas ternarios que representan sistemas de tres componentes (C=3).

Hay gran número de importantes sistemas binarios que nos permitirán apreciar por completo la potencialidad de la regla de fases. A la vez, pueden evitarse las complejidades involucradas en la obtención de información cuantitativa de los diagramas binarios.

Los diagramas binarios son mapas de las fases en equilibrio asociadas con varias combinaciones de temperatura y composición(GUY, 2002).

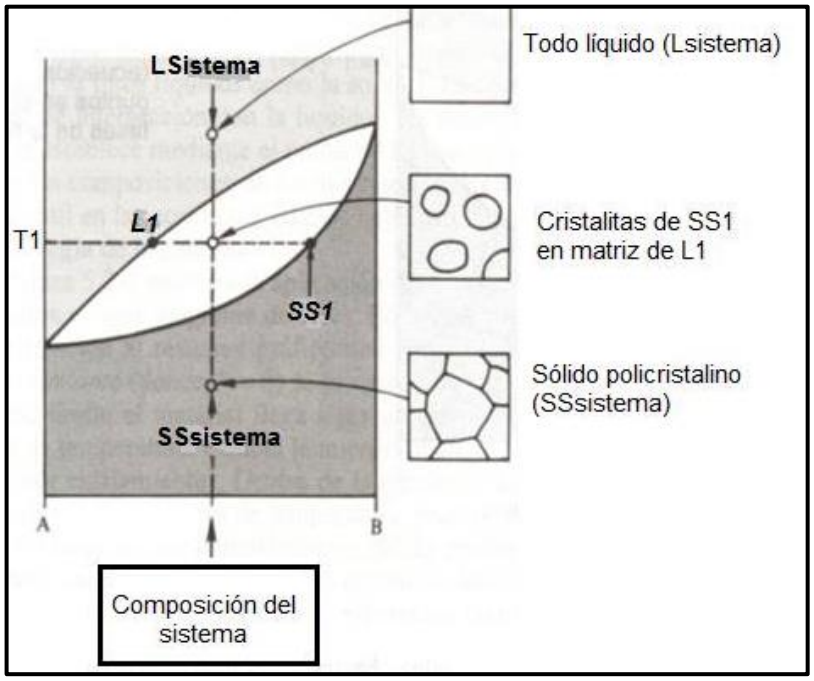
Figura 34.Diagrama binario



Fuente: http://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Diagrama_fase.gif

Las composiciones de las fases en una región de dos fases del diagrama de fases, son determinadas mediante una línea de enlace que conecta las composiciones de las fases a la temperatura del sistema.

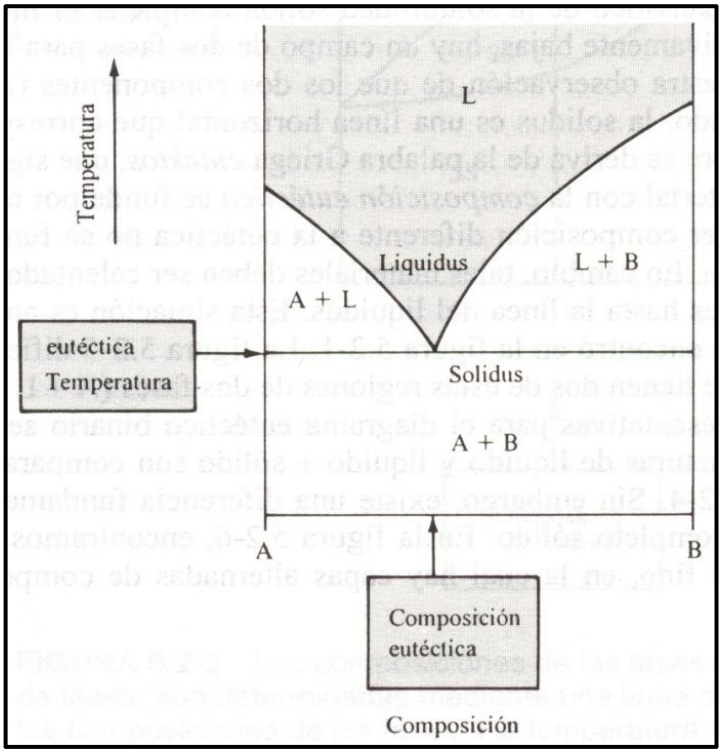
Figura 35. Diagrama con microestructuras



Fuente: ALMENDARIZ Marco, Materiales. p.45

Varias microestructuras características de las diferentes regiones del diagrama de fases de solución sólida completa.

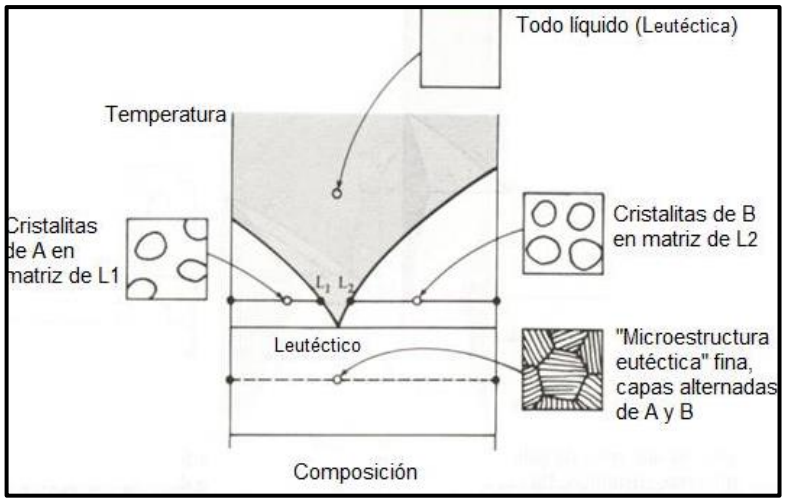
Figura 36. Diagrama de fases eutéctico



Fuente: ALMENDARIZ Marco, Materiales. p.46

Diagrama de fases eutéctico binario que muestra la solución no sólida. Esta apariencia general puede compararse con el caso opuesto de la solución sólida completa.

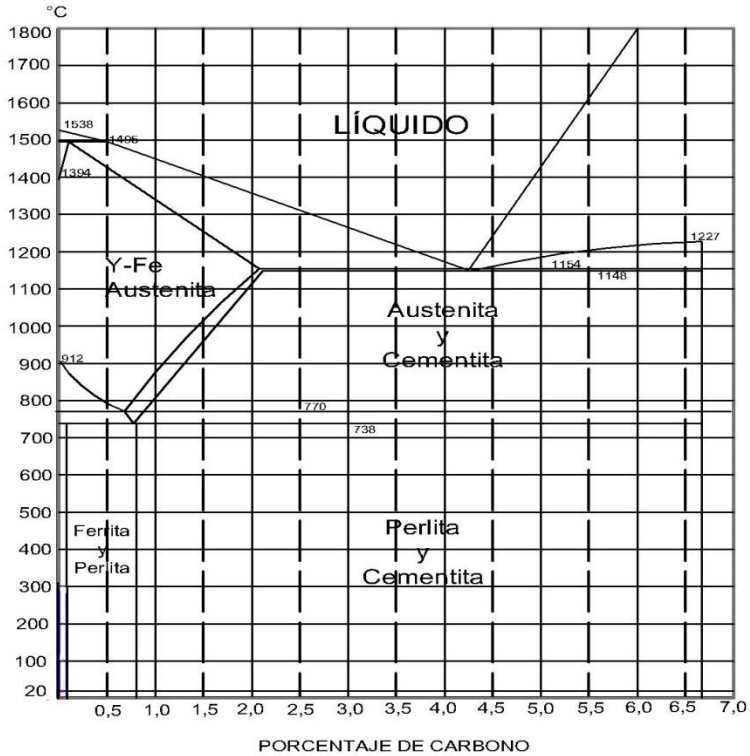
Figura 37. Composición solida completa



Fuente: ALMENDARIZ Marco, Materiales. p.46

2.12 Diagrama de equilibrio hierro – carbono

Figura 38. Diagrama hierro-carbono



Fuente: Autores

El hierro es un constituyente fundamental de algunas de las más importantes aleaciones de la Ingeniería. En una forma casi pura, conocida como hierro dulce, se utiliza en alcantarillas para drenaje, material para techos y conductos, y como base para sobre él esmaltar porcelana en refrigeradores, estufas, lavadoras, etc.

Un análisis típico para el hierro dulce es:

Tabla 1. Análisis típico de hierro dulce

Carbono	0.012%
Manganeso	0.017%
Fósforo	0.005%
Azufre	0.025%
Silicio	insignificante

Fuente: Autores

Las propiedades mecánicas típicas del hierro dulce son:

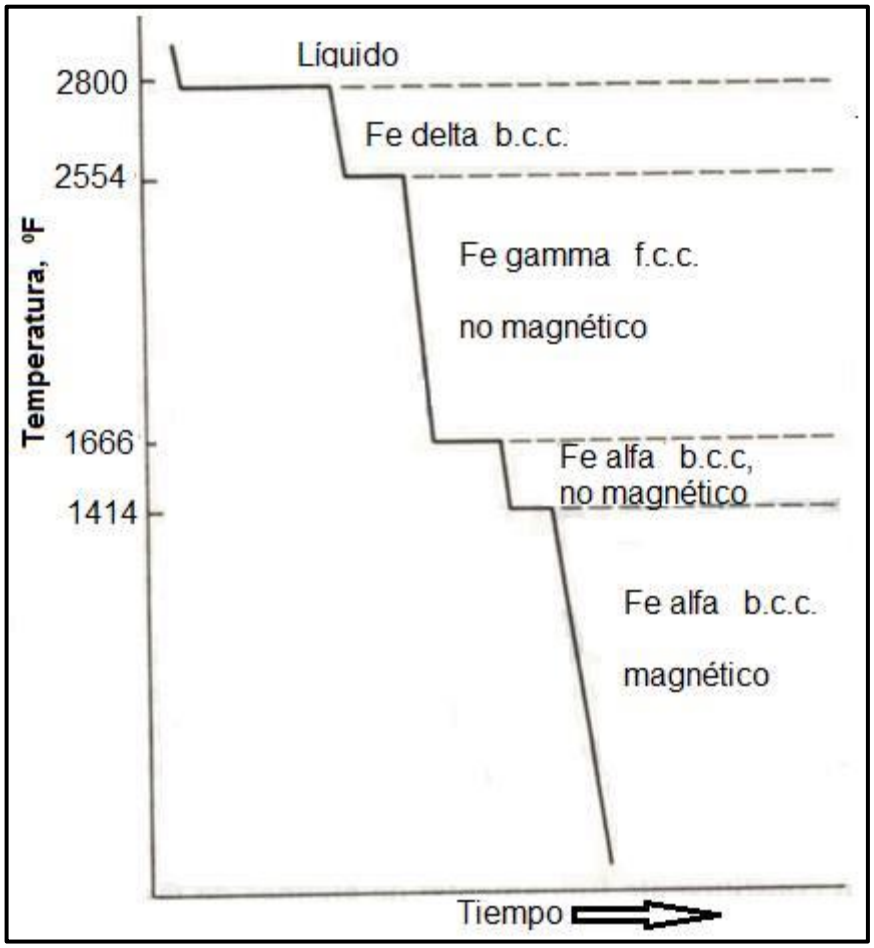
Tabla 2. Propiedades hierro dulce

Resistencia tensil	40.000lb/pulg^2
Elongación en 2 pulg	40%
Dureza Rockwell	30

Fuente: Autores

El hierro es un metal alotrópico, lo cual significa que puede existir en más de un tipo de estructura reticular, dependiendo de la temperatura. Cuando el hierro primero solidifica a 2.800 ª F, está en la forma b.c.c. (cúbica centrada en el cuerpo) δ (delta). Para ulterior enfriamiento a 2.554ªF, ocurre un cambio de fase y los átomos se reacomodan por sí mismos en la forma γ (gamma),que es f.c.c (cúbica centrada en la cara) y no magnética. Cuando la temperatura alcanza 1.666ªF, ocurre otro cambio de fase de hierro γf.c.c no magnético a hierro α (alfa) b.c.c no magnético. Finalmente a 1.414 ª F, el hierro α se hace magnético sin cambio en la estructura reticular. Originalmente, el hierro α no magnético se llamaba hierro β hasta que ulteriores estudios con rayos X mostraron que no había cambio en la estructura reticular a 1.414 ªF. Como esta transformación magnética no afecta el tratamiento térmico de las aleaciones hierro – carbono.

Figura 39. Diagrama enfriamiento para hierro puro



Fuente: ALMENDARIZ Marco, Materiales. p.64

Los constituyentes pueden estar formados:

- Por metales puros, como la ferrita que es el hierro puro.

- Por compuestos químicos, como la cementita, que es carburo de hierro.

Por soluciones sólidas, en las que los átomos del metal disuelto están intercalados entre los átomos de los cristales del metal disolvente (soluciones sólidas de inserción) o los sustituyen parcialmente (soluciones sólidas de sustitución).
Por compuestos ínter metálicos, denominados así porque son intermedios entre los compuestos químicos y las soluciones sólidas.

Las aleaciones hierro – carbono pueden encontrarse hasta once constituyentes, que se denominan:

Tabla 3. Constituyentes de aleaciones de hierro - carbono

Ferrita	Martensita	Ledeburita
Cementita	Troostita	Steadita
Perlita	Sorbita	Grafito
Austenita	Bainita	

Fuente: Autores

2.13 Materiales no ferrosos

Los materiales no ferrosos son cada día más imprescindibles y se pueden clasificar en tres grupos:

a. *Metales no ferrosos pesados.* Son aquellos cuya densidad es igual o mayor a 5 gr/cm^3. Se encuentran en este grupo el cobre, el estaño, el plomo, el cinc, el níquel, el cromo y el cobalto.

b. *Metales no ferrosos ligeros.* Tienen una densidad comprendida entre 2 y 5 gr/cm^3 Los más utilizados son el aluminio y el titanio.

c. *Metales no ferrososultraligeros.* Su densidad es menor a 5 gr/cm^3 Se encuentran en este grupo el berilio y el magnesio, aunque el primero de ellos raramente se encuentra en estado puro, sino como elemento de aleación.

Todos estos metales no ferrosos, es estado puro, son blandos y poseen una resistencia mecánica bastante reducida. Para mejorar sus propiedades, los metales puros suelen alearse con otros.

CAPÍTULO III

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS METALOGRÁFICO

3.1 Constituyentes de los materiales

3.1.1 *Materiales ferrosos*

Ferrita

Aunque la ferrita es en realidad una solución sólida de carbono en hierro alfa, su solubilidad a la temperatura ambiente es tan pequeña que no llega a disolver a 0,008% de C. Por esto, prácticamente, se considera la ferrita como hierro alfa puro. La máxima solubilidad del carbono en el hierro alfa es de 0,02 % a 723 º.

La ferrita es el más blando y dúctil constituyente de los aceros. Cristaliza en la red cúbica centrada. Tiene una dureza de 90 Brinell y una resistencia a la rotura de 28 Kg/mm^2, llegando hasta un alargamiento del 35 al 40%. Es magnética. La ferrita se observa al microscopio como granos poligonales claros. La ferrita también aparece como elemento eutectoide de la perlita formando láminas paralelas separadas por otras láminas de cementita, en la estructura globular de los aceros de herramientas aparece formando la matriz que rodea los glóbulos de cementita.

Figura 40. Ferrita

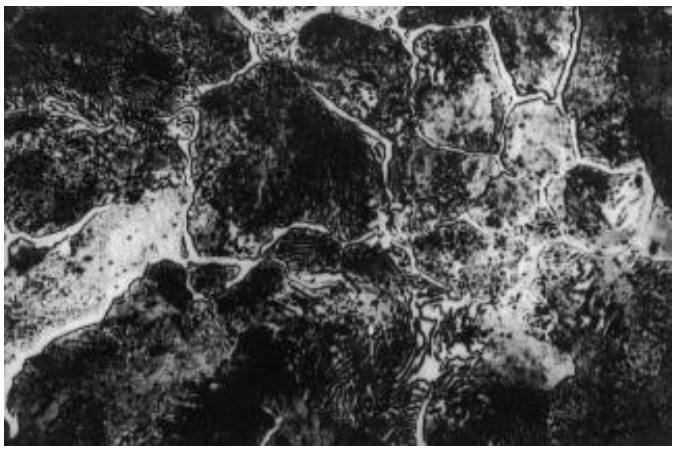
Fuente: http://www.utp.edu.co/~publio17/aceros.htm

Cementita

Es carburo de hierro, de formula CFe_3, y contiene por tanto 6,67% de carbono y 93,33 de hierro. Es el constituyente más duro y frágil de los aceros, alcanzando una dureza Brinell de 700 (68 Rockwell C).Es magnética hasta 210 º, temperatura a partir de la cual pierde el magnetismo.

En las probetas atacadas con ácidos se observa de un blanco brillante y aparece como cementita primaria o proeutéctica en los aceros con más de 0.9%C formando una red que envuelve los granos de perlita, formando parte de la perlita como láminas paralelas separadas por otras láminas de ferrita, se presenta en forma de glóbulos o granos dispersos en una matriz de ferrita, cuando los aceros de alto carbono se han sometido a un recocido de globulización, en los aceros hipoeutectoidesque no han sido bien templados.

Figura 41. Cementita



Fuente: http://www.utp.edu.co/~publio17/aceros.htm

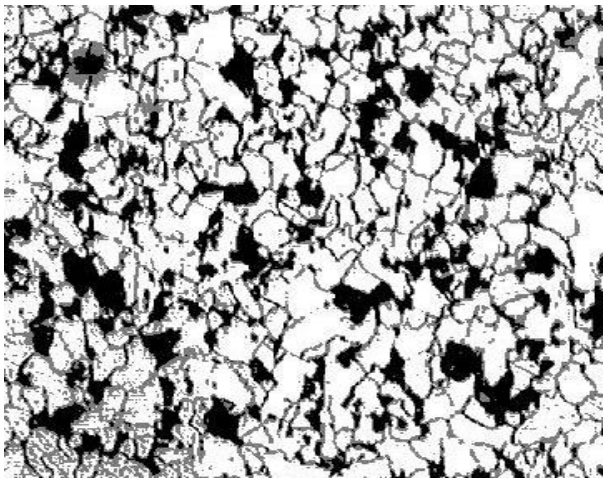
Perlita

Es un constituyente compuesto por el 86,5 % de ferrita y el 13,5 % de cementita, o dicho en otra manera existen 6,4 partes de ferrita y 1 de cementita. La perlita tiene una dureza de aproximadamente 200 Brinell, con una resistencia a la rotura de 80 kg/mm^2, y un alargamiento del 15%. El nombre de perlita se debe a las irisaciones que adquiere al iluminarla, parecidas a las de las perlas.

Cada grano de perlita está formado por láminas o placas alternadas de cementita y ferrita. Esta estructura laminar se observa en la perlita por enfriamiento muy lento. Si el enfriamiento es brusco, la estructura es más borrosa y se denomina perlita sorbítica,

aunque por otros autores se considera en este caso más bien sorbita. Si la perlita laminar se calienta durante algún tiempo a una temperatura un poco inferior a la crítica (inferior a 723 º), la cementita adopta la forma de glóbulos incrustados en la masa de ferrita, recibiendo entonces la denominación de perlita globular.

Figura 42. Perlita



Fuente: http://www.utp.edu.co/~publio17/aceros.htm

Austenita

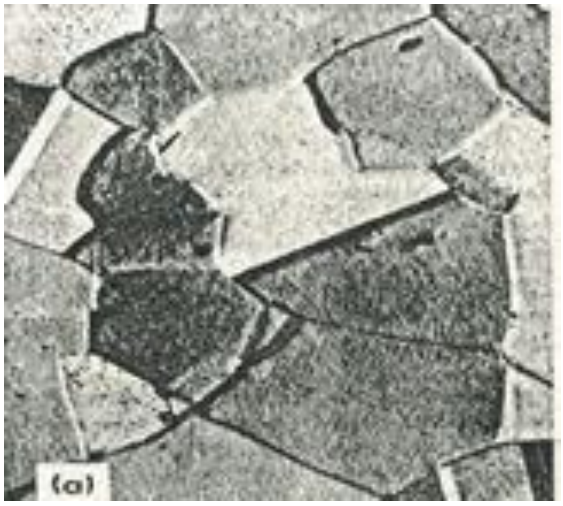
Este es el constituyente más denso de los aceros, y está formado por la solución sólida, por inserción, de carbono en hierro gamma. La proporción de carbono disuelto varía desde el 0 al 1,76% correspondiendo este último porcentaje la máxima solubilidad a la temperatura de 1.130 º.

La austenita en los aceros al carbono, es decir, sin ningún otro elemento aleado, empieza a formarse a la temperatura de 723 º (A_1 punto crítico inferior), y a partir de la temperatura crítica superior (A_3 ó Acm) la totalidad de la masa de acero está formada por cristales de austenita. Puede obtenerse una estructura austenítica en los aceros a la temperatura ambiente enfriando muy rápidamente una probeta de acero de alto contenido de carbono o muy alta aleación desde la temperatura por encima de la crítica superior; pero como esta austenita no es estable, con el tiempo se transforma en ferrita y perlita o cementita y perlita.

Excepcionalmente hay algunos aceros al cromo- níquel denominados austeníticos, cuya estructura es austenítica a la temperatura ambiente.
La austenita está formada por cristales cúbicos de hierro gamma con los átomos de carbono intercalados en las aristas y en el centro. La austenita tiene una dureza

Brinellde unos 300, una resistencia de unos 100 Kg/mm^2, y un alargamiento de un 30%. No es magnética.

Figura 43. Austenita



Fuente:http://www.utp.edu.co/~publio17/aceros.htm

Martensita

Después de la cementita es el constituyente más duro de los aceros. La martensita es una solución sólida sobresaturada de carbono en hierro alfa.
Se obtiene por enfriamiento muy rápido de los aceros, una vez elevada su temperatura lo suficiente para conseguir su constitución austenítica. La martensita se presenta en la red cúbica centrada, que es la del hierro alfa, debido a la deformación que produce en su red cristalina la inserción de los átomos de carbono.

La dureza de la martensita puede atribuirse precisamente a la tensión que produce en sus cristales esta deformación. De la misma manera que los metales deformados en frío deben a los granos deformados y en tensión el aumento de dureza que experimentan.

La proporción de carbono de la martensita no es constante, sino varía hasta un máximo de 0,89%, aumentando su dureza, resistencia mecánica y fragilidad con el contenido de carbono. Su dureza varía de 50 a 68 Rockell C; su resistencia mecánica de 175 a 250 Kg/mm^2 y su alargamiento de 2,5% a 0,5%. Es magnética.

Figura 44. Martensita

Fuente: http://www.utp.edu.co/~publio17/aceros.htm

Troostita

Antiguamente se la denominaba osmondita. Se produce la troostita por transformación isotérmica de la austenita entre las temperaturas de 500º a 600º. Es decir, enfriando rápidamente la austenita hasta la temperatura comprendida entre los 500º y 600º y manteniéndola a esta temperatura constante hasta que toda la austenita se haya transformado en troostita. Es un constituyente nodular oscuro y aparece generalmente acompañando a la martensita y a la austenita.

Se produce también la troostita cuando se enfría la austenita a una velocidad inferior a la crítica de temple. (la velocidad de enfriamiento crítica de temple, como veremos más adelante, es la mínima para que toda la austenita transforme en martensita.

Durante mucho tiempo se ha creído que la troostita y la sorbita se producían también en el revenido de los aceros templados, es decir, por transformación de la martensita; pero las investigaciones más recientes han desechado esta suposición.Se presenta la troostita en forma de nódulos compuestos de laminillas radiales de cementita sobre la ferrita, parecidas a las de la perlita, pero más finas.Su dureza es de unos 450 Brinell; su resistencia 250Kg/mm^2 y su alargamiento de 7,5%.

Figura 45. Troostita

Fuente: http://www.utp.edu.co/~publio17/aceros.htm

Sorbita

Se produce también por transformación isotérmica de la austenita a temperaturas comprendidas entre 600º y 650º. Es decir enfriando rápidamente la austenita, que deberá estar a temperaturas por encima de la crítica superior, hasta una temperatura comprendida entre 600º y 650º, y manteniéndola a esta temperatura constante hasta su total transformación en sorbita.

También se produce la sorbita cuando se enfría la austenita a velocidad bastante inferior a la crítica de temple. Por eso aparece en los aceros forjados y laminados, en los cuales la velocidad de enfriamiento no es lo suficientemente rápida ni para el temple, o sea, para la formación de la martensita, ni aun para la formación de troostita, y tampoco es lo suficientemente lenta para la formación de perlita.

La sorbita se presenta formando laminillas aún más finas que las de la troostita y también similares a las de la perlita.Tiene una dureza de unos 350 Brinell, una resistencia de unos 100 Kg/mm^2 y un alargamiento del 15%.

Bainita

Se forma la bainita en la transformación isotérmica de la austenita, entre temperaturas de 250º y 550º. Es decir, enfriando la austenita rápidamente hasta una temperatura comprendida entre 300º y 500º y manteniéndola después a una temperatura constante hasta la transformación total de la austenita en bainita.

Ledeburita

La ledeburita no es un constituyente de los aceros, sino de las fundiciones. Se encuentra en las aleaciones hierro – carbono cuando el porcentaje de carburo de hierro aleado es superior al 25%, o sea, con un contenido total de carbono superior a 1,76%. La ledeburita es una eutéctica, palabra que en griego significa fluidez perfecta y se emplea para designar una mezcla de componentes que pasan sin descomposición ni segregación del estado sólido al líquido.
La ledeburita se forma al enfriar la fundición líquida de 4,3% de C desde 1.130º, siendo estable hasta 723º (A_{321} punto crítico inferior), descomponiéndose a partir de esta temperatura en ferrita y cementita. La ledeburita contiene el 52% de cementita y el 48% de austenita de 1,76% de carbono. El contenido total de carbono de la ledeburita es de 4,3%.

Steadita

Es un constituyente de naturaleza eutéctica, que aparece en las fundiciones de más de 0,15% de fósforo.

Como la steadita se compone de un 10% de fósforo aproximadamente, y casi todo el fósforo de la fundición se concentra en este constituyente se puede calcular el porcentaje de steadita que contiene la fundición por su contenido en fósforo. Así por ejemplo una fundición que contenga 0,15% de fósforo tendrá el 15% de steadita.

La steadita es muy dura y frágil. Funde a 960º. En las fundiciones grises está compuesta de un eutéctico de ferrita y fosfuro de hierro. Y en las fundiciones blancas y atruchadas, por un eutéctico de ferrita, fosfuro de hierro y cementita.

Grafito

El grafito es uno de los tres estados alotrópicos en que se encuentra el carbono en estado libre en la naturaleza, siendo los otros dos el diamante y el carbono amorfo.
El grafito es blando, untuoso, de color gris oscuro y de peso específico 2,25. El grafito se presenta en forma de láminas en las fundiciones grises; en forma de nódulos, en las fundiciones maleables, y en forma esferoidal, en algunas fundiciones especiales. El grafito baja la dureza, resistencia mecánica, elasticidad y plasticidad de las fundiciones que lo contienen; pero, en cambio, mejora la resistencia al desgaste y a la corrosión y sirve de lubricante en el roce.

Impurezas

Y por fin puede encontrarse también en la masa de los aceros inclusiones formadas por sulfuros de manganeso, óxido de aluminio, silicatos, etc, que proceden de los refractarios de los hornos, de las escorias, o de los procesos de oxidación o desoxidación. En general las inclusiones no metálicas perjudican las propiedades del acero.

Fundiciones

Se conoce como fundiciones a las aleaciones hierro – carbono con un contenido de este elemento superior al 2,1%, además de algunos otros elementos en proporciones discretas, entre ellos: el silicio, manganeso azufre y fósforo. En las fundiciones especiales se observan, además de los elementos señalados: el cromo, níquel, molibdeno, cobre, etc.

El carbono se presenta en las fundiciones en forma de carburo de hierro, y de carbono libre o grafito, en diversas proporciones, dependiendo una u otra estructura del contenido de carbono total, y de las proporciones de silicio y de manganeso que contenga la aleación.

El silicio favorece la formación de grafito y el manganeso la retarda. También influye la velocidad de enfriamiento en las proporciones finales de carburo de hierro y de grafito. A mayor velocidad aparece una mayor cantidad de carburo de hierro. En cambio cuando el enfriamiento es más lento se genera una mayor cantidad de grafito.

Se llaman fundiciones grises a aquellas en las que el carbono está en su mayor parte, al estado de grafito. Las fundiciones blancas presentan la totalidad del carbono al estado de carburo de hierro. Las atruchadas son aleaciones intermedias entre las grises y las blancas.

En general, las fundiciones pueden ser clasificadas como se indica a continuación:

- Fundiciones ordinarias.
- Fundiciones blancas.
- Fundiciones grises.
- Fundiciones atruchadas.
- Fundición blanca.

Fundiciones blancas

Cuando en una fundición el contenido de silicio está debajo de 1,50% se produce fundición blanca, la que puede obtenerse por dos vías:

1) Por enfriamiento violento de la pieza.
2) Por una calibrada relación silicio – carbono.

A causa de la rápida pérdida de calor en las piezas de escaso espesor o de poca sección existe la tendencia a que la fundición se torne blanca. Otro factor para el mismo efecto es la conductividad calorífica del material de que está construido el molde. Un molde metálico acelera el enfriamiento si se le compara con un molde hecho en arena.

Fundiciones grises

En las fundiciones grises todo el carbono debería teóricamente presentarse en forma libre o grafítica y por lo tanto, el hierro debería estar en forma de ferrita.
En la práctica no existen ni se desean fundiciones grises con todo el carbono libre, porque serían muy blandas y su resistencia sería muy baja. Por el contrario, se desea que por lo menos el 80% de carbono total esté formando cementita, quedando un máximo de 20% en forma de carbono libre o grafito.

Para lograr una buena repartición entre cementita y carbono libre se emplea, en muchos casos, acero estructural en la preparación de las cargas destinadas a la producción de fundición gris. Una fundición gris se caracteriza por su composición química y por el estado en que se encuentra el carbono. Una típica composición es la siguiente:

Tabla 4. Características fundición gris

Carbono total	3,50%
Silicio	2,00%
Manganeso	0,60%
Azufre	0,05%
Fósforo	0,05%
Resistencia	14 – 16 Kg/mm2
Dureza Brinell	160 -180

Fuente: Autores

3.1.2 *Materiales no ferrosos*

Cobre

Es un metal de consumo antiguo, y junto con el aluminio es un metal no férreo importante. Resulta inestimable en la electrónica y construcción de maquinaría

Figura 46. Cobre

Fuente: http://www.hoichocongnghiep.com/37078/dong-do-tinh-luyen-dang-thanh-tron-lam-dien-cuc-cho-may-xung-edm

Presentación y obtención

El cobre se presenta principalmente en forma de mineral. Los minerales de cobre importantes son la calcosina (Cu2S) y la calcopirita (CuFeS2). El elemento que le acompaña al cobre, el azufre, se elimina en un horno de calcinación. Se combina con el oxígeno y forma dióxido de azufre (SO2). El oxígeno prosigue la oxidación del cobre. Formando óxido de cobre (CuO).
En el horno de cuba se obtiene el cobre bruto por reducción. Mediante afino al fuego y electrólisis se obtiene cobre puro.

Propiedades

Las propiedades del cobre más importantes son: la alta conductividad eléctrica y térmica, buena resistencia a la corrosión, maquinabilidad, resistencia y facilidad de fabricación. Además, el cobre es no magnético, tiene un color atractivo, puede ser soldado, soldado con latón, soldado con estaño, y fácilmente se termina por revestimiento metálico (galvanizado) o barnizado. Algunas de estas propiedades básicas pueden mejorarse mediante una aleación adecuada. La mayor parte del

cobre que se utiliza para conductores eléctricos contiene sobre 99,9% de cobre y se identifica ya sea como cobre libre de oxígeno de alta conductividad.

El cobre es:

- Tenaz.
- Fácilmente aleable.
- Fácilmente conformable sin arranque de viruta, sobre todo en frío.
- Fácilmente soldable (con material de aporte).
- De fácil soldadura autógena en atmósfera de gas protector.
- Difícil de colar.
- Difícil de mecanizar por arranque de virutas porque “unta”.
- Resistente a la corrosión.

Aplicaciones

La combinación de todas estas propiedades hace que al cobre muy versátil. Aproximadamente la mitad de la producción mundial se emplea en electrotecnia con fines conductores. En este caso es de gran importancia que sea muy puro para lograr la elevada conductividad eléctrica deseada. El cobre electrolítico o afinado tiene una pureza de hasta el 99,98%.Las formas comerciales son: chapas, cintas, barras, hilos, tubos, perfiles.

Bronce

El termino bronce se aplicó originalmente a las aleaciones cobre-estaño; sin embargo, ahora el término se emplea para designar cualquier aleación de cobre, con excepción de las de cobre-zinc, que contienen hasta aproximadamente 12% de elemento principal de aleación.

Como nombre, el bronce lleva la idea de una aleación de mayor clase que el latón y, como se indicó se ha aplicado incorrectamente a algunas aleaciones que son realmente latones especiales. Los bronces comerciales son sobre todo aleaciones de cobre y estaño, aluminio, silicio o berilio; además pueden contener fósforo, plomo, zinc o níquel.

Figura 47. Bronce

Fuente: http://tecnoatocha.wordpress.com/metales-no-ferrosos-pesados/

El bronce es una aleación de cobre y estaño. Antiguamente se denominaban también bronce otras aleaciones de cobre, como por ejemplo el bronce de aluminio, el bronce de plomo. Según la norma DIN 17662 para estas otras aleaciones se deberá emplear la denominación que resulte de sus componentes principales., por ejemplo aleación de cobre y aluminio.

Aplicaciones

En electrotecnia el bronce se emplea fundamentalmente para la fabricación de máquinas, en concreto para los resortes, flejes y cintas de alimentación de corriente de los rotores. También se emplea como disipador de calor en los tubos canjeadores. Las formas comerciales son: cintas, barras, tubos, cables.

Aluminio

La característica más conocida del aluminio es su peso ligero, y su densidad es como una tercera parte de la del acero o de las aleaciones al cobre.

Ciertas aleaciones de aluminio tienen mejor proporción resistencia a peso que la de los aceros de alta resistencia. El aluminio tiene una maleabilidad y formabilidad, aluminio ultra puro se utiliza para reflectores fotográficos con el fin de aprovechar sus características de alta reflectividad a la luz y de no decoloración superficial.

Figura 48. Aluminio

Fuente: http://www.global-alufoil.org/es/papel_aluminio_principales_ventajas.html

El aluminio no es toxico, ni magnético y no produce chispa. La característica no magnética hace al aluminio útil para diversos fines de protección eléctrica, como cajas para barras conductoras o cubiertas para equipo eléctrico.

Aunque la conductividad eléctrica del aluminio de la clase conductor eléctrico es como el 62% que la del cobre, su peso ligero lo hace más apropiado como conductor eléctrico para muchas aplicaciones industriales. Una de las características más importantes del aluminio es su maquinabilidad y su capacidad de trabajo; se puede fundir mediante cualquier método conocido, laminado o cualquier espesor deseado, estampado, estirado, enrolado, forjado y extruido a casi cualquier forma imaginable.

El aluminio es:

- Blando.
- Fácilmente maleable.
- Fácil de conformar sin arranque de virutas, especialmente en frío.
- Fácil de mecanizar con arranque de virutas.
- Fácil de soldar (autógenamente).
- Limitadamente soldable (con material de aporte).
- Limitadamente colable (por ello: fundición a presión).
- Resistente al agua y a los ácidos.
- Corrosible con agua de mar y con lejías.

El aluminio expuesto al aire queda recubierto por una capa de óxido de aluminio, que es muy dura y densa, por lo que la oxidación no puede continuar su penetración. La capa de óxido es muy delgada. Cuando esta capa resulta dañada ella misma se "auto regenera", o sea que el aluminio que queda descubierto se vuelve a revestir rápidamente con una nueva capa de óxido.

Aplicaciones

La combinación de una densidad muy pequeña y de sus buenas propiedades mecánicas y tecnológicas así como su resistencia a la corrosión ha dado lugar a que el aluminio sea actualmente el metal más utilizado después del acero.

El electrotecnia el aluminio se emplea fundamentalmente gracias al cociente conductividad/ peso, que es muy pequeño y, por tanto, favorable. La deducción siguiente nos ayudará a comprenderlo mejor: el cobre tiene una conductividad eléctrica de 56 MS/m y, por tanto, conduce mejor que el aluminio.

Aleaciones de aluminio

Para mejorar sus propiedades mecánicas el aluminio se alea con magnesio, silicio, cobre, zinc, manganeso, níquel y cromo. Se diferencian las aleaciones de forja y aleaciones de fundición, pudiendo alcanzar las primeras resistencias a la tracción de hasta 500N/mm2 por conformación en frío.

Algunas de las aleaciones de aluminio pueden templarse, con lo cual las deformaciones difíciles se realizan cuando el material aún es blando, y a continuación se templa el objeto ya conformado.
Las formas comerciales son: chapas, láminas, barras, tubos, perfiles y cables (GONZÁLEZ, 2000).

3.2 Selección de materiales, efectos del estudio

Para la selección de los materiales se tomó en cuenta dos aspectos importantes:

- Los materiales más utilizados en las diferentes aplicaciones de la industria.
- Los distribuidores más grandes de materiales ferrosos y no ferrosos a nivel nacional.

Estos materiales son los siguientes:

Tabla 5.Lista de materiales Iván Bohman

MATERIALES DE IVÁN BOHMAN		
		
7210	718/AISI PB20	709/AISI 4140
		
AISI 4340	SAE 1018	CALMAX
		
XW41	760/AISI1045	Barra Perforada Cementable

Tabla 5. (continuación)

		
8407	DF2	SAE 40
		
BRONCE AL ALUMINIO		

Fuente: Autores

Tabla 6.Lista de materiales Bohler

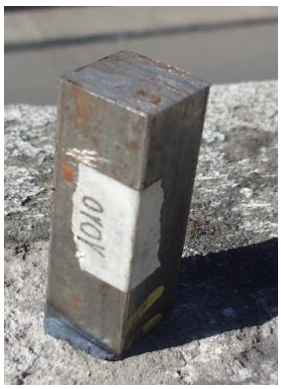
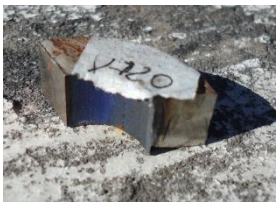
MATERIALES DE BOHLER		
		
705	E920	1010

Tabla 6. (continuación)

		
E410	DURALUMINIO	A604
		
V155	V320	K100
		
V945	W302	M303
		
V720	M238	K110

Fuente: Autores

Tabla 7.Lista de otros materiales

OTROS MATERIALES		
		
COBRE	FUNDICIÓN BLANCA	FUNDICIÓN GRIS

Fuente: Autores

3.3 Toma de muestras

La elección de la muestra que ha de ser examinada al microscopio es de gran importancia, ya que ha de lograrse una probeta representativa del material con el fin de visualizar correctamente sus micros constituyentes. Para ello es necesario tomar una muestra; para luego realizar el montaje respectivo.

Corte de la muestra

El corte es un proceso en el que se produce calor, por fricción, y se raya el metal. Para el estudio se realizó cortes transversales a las probetas seleccionadas ya que de esta manera podemos identificar los micro-constituyentes que los componen.
Si el corte es muy agresivo, no veremos el metal que queremos estudiar sino la estructura resultante de la transformación sufrida por el mismo. Para reducir estos efectos al mínimo, hay que tener en cuenta las siguientes variables: lubricación, corte a bajas revoluciones y poca presión de la probeta sobre el disco de corte.

Para el corte de las probetas objeto de estudio se utilizó la cortadora metalográfica denominada “DISCOTON” que se encuentra en el laboratorio de materiales y está provista de un sistema de refrigeración, para evitar alterar la probeta con un cambio de brusco temperatura, ya que si no se enfría lo suficientemente se altera radicalmente la estructura original; para ello se puede regular la cantidad de refrigerante en el momento del corte, este equipo cuenta con un botón regulador de caudal con tres medidas, alto, medio y bajo; con nuestra investigación llegamos a la conclusión que la

medida optima es la media; debido a que el caudal de salida permite refrigerar correctamente la probeta.

Figura 49. Botón regulador de caudal

Fuente: Autores

Durante el corte de las probetas en estudio determinamos que para los aceros con mayor dureza debemos aplicar una presión de corte mayor que para aquellos de menor dureza.

Figura 50.Discos de corte para probetas de metal duro

Fuente: http://www.norton-abrasivos.com.ar/product_detail.aspx?id=205084

Es importante tomar la precaución de no exceder la presión de corte, porque el disco se puede quedar incrustado en la probeta por lo que ocasionarían riesgos de avería del equipo y posibles accidentes.

Figura 51.Corte de probetas

Fuente: Laboratorio de materiales

Siempre que sea posible, las probetas deben tener un tamaño conveniente y cómodo de manejar. Las probetas de superficie muy grande pueden requerir tiempos de pulido excesivamente largos, mientras las demasiado pequeñas tienden a redondearse durante el desbaste, obteniéndose superficies preparadas curvas con los bordes estropeados.

Figura 52.Probetas cortadas

Fuente: Laboratorio de materiales

3.4 Montaje de probetas metalográficas

Cuando las probetas metalográficas son pequeñas o de una forma que no permite un manejo fácil en las operaciones de desbaste y pulido, es necesario montarlas en un material adecuado denominado “BAQUELITA”, la cual es una resina termoendurecible.

Los polvos de moldeo de baquelita se encuentran en el comercio en gran variedad de colores, para nuestro estudio adquirimos baquelita de color negro con la que realizamos el montaje de las probetas su manipulación es sencilla; y para ello se requiere una prensa montadora especial, que se encuentra en el laboratorio de materiales denominada “PRONTOPRESS” de marca STRUERS:

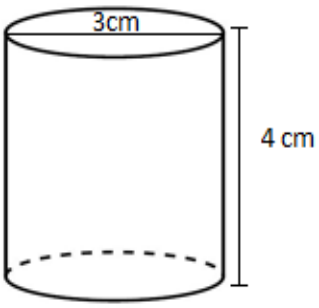
Figura 53.Baquelita

Fuente: Laboratorio de materiales

Para nuestro estudio utilizamos un volumen de baquelita de 28,28 cm^3 en cada probeta, esta cantidad esta determina mediante un recipiente de las siguientes medidas:

Diámetro: 3 cm
Altura 4 cm

Figura 54. Medidor de baquelita



Fuente: Autores

Para que el montaje de la probeta sea óptimo con este volumen se requiere un tiempo de 8 minutos y una presión de 2500 psi. Para el montaje de las 31 probetas estudiadas nos tomamos un tiempo de dos semanas laborables, para continuar con el proceso de desbaste.

Figura 55.Prensa montadora (STRUERS)

Fuente: Laboratorio de materiales

Es así como se obtienen la probetas montadas con baquelita; listas para el siguiente proceso.

Figura 56.Probetas montadas con baquelita

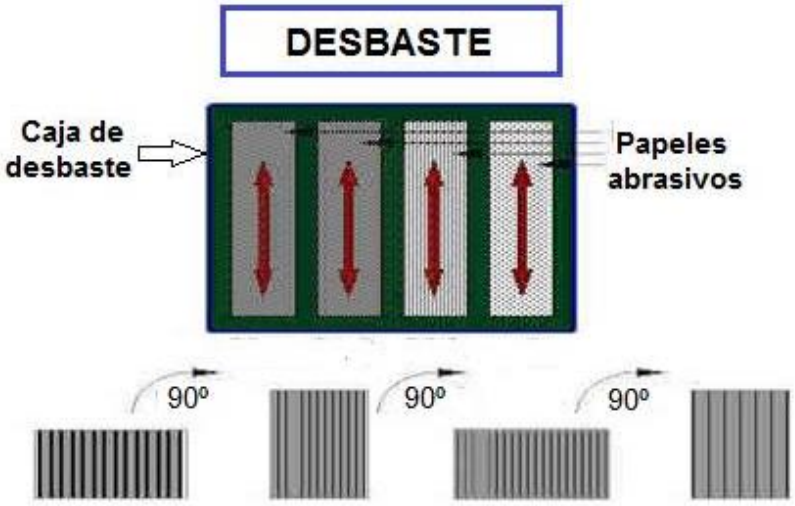
Fuente: Laboratorio de materiales

3.5 Desbaste de probetas metalográficas

Una vez montadas las probetas se desbastaron sobre una superficie plana de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM E7, empezando desde a lija 220 que es la más adecuada para desbastar superficies dañadas a causa del corte; hasta la lija 600 que es la que nos permite obtener una superficie similar a un espejo, apta para someterla al proceso de pulido y posteriormente al ataque metalográfico.

Al iniciar desbastando desde la lija número 220 se lo realizará de arriba hacia abajo, eliminando las fallas producidas por el corte y se dejarán rayas (en el mismo sentido de desbaste) paralelas entre sí; entonces se procederá a dar un giro de 90º y realizar el desbaste nuevamente hasta que nos queden las rayas producidas por los granos de la lija en el mismo sentido de desbaste; se debe tener en cuenta que haya fluidez de agua permanentemente para que las limallas que vayan saliendo sean limpiadas de la superficie de desbaste. Éste proceso lo aplicamos hasta completar un giro de 360º a la probeta(KEHL, 2001).

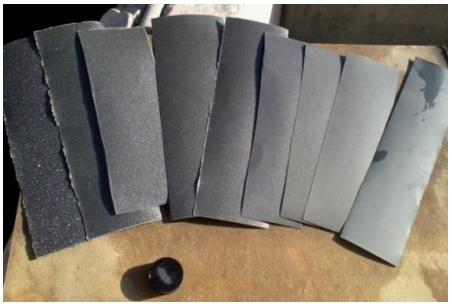
Figura 57. Proceso de desbaste de probetas



Fuente: http://dc380.4shared.com/doc/RiUmDpUS/preview.html

Cabe recalcar que para desbastar en las diferentes lijas hasta la 600 se aplica el mismo proceso.

Figura 58.Probeta con lijas a utilizar para desbaste



Fuente: Laboratorio de materiales

Procedemos a desbastar con la lija número 220

Figura 59. Desbaste con lija Nº 220

Fuente: Laboratorio de materiales

Avanzamos a la lija número 320.

Figura 60.Desbaste con lija Nº 320

Fuente: Laboratorio de materiales

Seguimos con la lija número 400.

Figura 61.Desbaste con lija Nº 400

Fuente: Laboratorio de materiales

Y finalizamos el desbaste con la lija número 600; donde se debe tener cuidado y precisión para dejar una superficie lisa y sin líneas, pues es aquí donde la superficie parece un espejo, y es tiempo ya de pasar a la siguiente fase que es el pulido.

Figura 62.Desbaste final con lija Nº 600

Fuente: Laboratorio de materiales

3.6 Pulido de probetas metalográficas

La etapa del pulimento es ejecutada con paños especiales, para las pulidoras disponibles en el laboratorio se debe utilizar los paños DP/OP que están equipados con un adhesivo que es adherido en al disco giratorio del equipo.

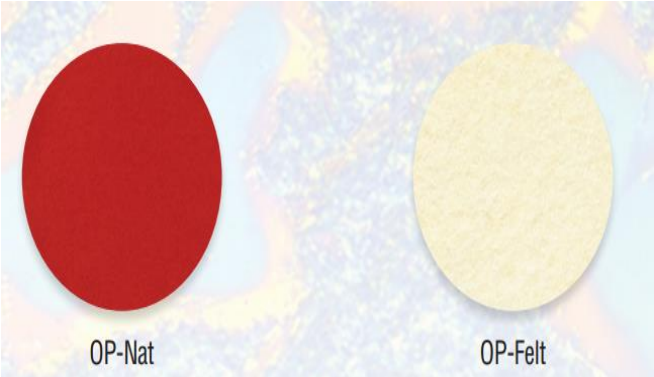
Como se muestra en la tabla 8 estos son los ideales para metales ferrosos y no ferrosos.

Tabla 8. Tipos de paño

Name Name Dési- nation	Composition Zusammensetzung Composition	Abrasive/Grain size Poliermittel/Korngrösse Abrasif/Taille de grain	Application Anwendung Application
OP-Nat	Woven wool felt Wollfilzgewebe Feutrine de laine tissée	Alumina / ≤ 9 µm Aluminiumoxid / ≤ 9µm Oxyde d'aluminium / ≤ 9µm	Polishing of ferrous metals Polieren von Eisenmetallen Polissage des métaux ferreux
OP-Felt	Thick felt Dicker Filz Feutrine épaisse	Alumina / ≤ 9 µm Aluminiumoxid / ≤ 9µm Oxyde d'aluminium / ≤ 9µm	Polishing of ferrous and non-ferrous metals Polieren von Eisen- und Nichteisenmetallen Polissage des métaux ferreux et non-ferreux

Fuente: http://www.struers.com/

Figura 63. Tipos de paños



Fuente: http://www.struers.com/

Como abrasivo, utilizamos alúmina gruesa que posee un tamaño de grano de 9µ gracias a sus partículas esferoidales hacen fluir el metal con el paño logrando un pulido correcto.

Figura 64.Alúmina

Fuente: Laboratorio de materiales

El pulido tiene por objeto, conseguir una superficie semejante a un espejo y apta para el ataque metalográfico.

El éxito del pulido y el tiempo empleado en la operación, depende en gran parte del cuidado con que se realice. El pulido se efectúa sujetando la muestra a tratar con la mano para pulir en el paño que está colocado en el disco giratorio a una velocidad de giro de 250 y 500 r.p.m, es preciso ejercer una presión moderada hacia el disco de pulido para lograr los resultados óptimos. Durante la operación del pulido, la probeta deberá desplazarse en la dirección del radio, desde el borde hasta el centro del disco.

Figura 65.Pulidora

Fuente: Laboratorio de materiales

Debe lavarse la probeta en un chorro de agua, secar con la ayuda del compresor del laboratorio, sin tocar la cara pulida. Observar en el microscopio a 100 aumentos; si persisten imperfecciones continuar con el pulido en la forma ya descrita, el tiempo que sea necesario para que éstas desaparezcan.

Figura 66. Pulido de probetas

Fuente: Laboratorio de materiales

El pulido finaliza cuando la probeta es un espejo perfecto.

3.7 Ataque metalográfico de las probetas

Antes de realizar el ataque la probeta debe estar pulida, seca, limpia y semejante a un espejo.

Figura 67Probeta pulida

Fuente: Laboratorio de materiales

Utilizamos dos modos de ataque:

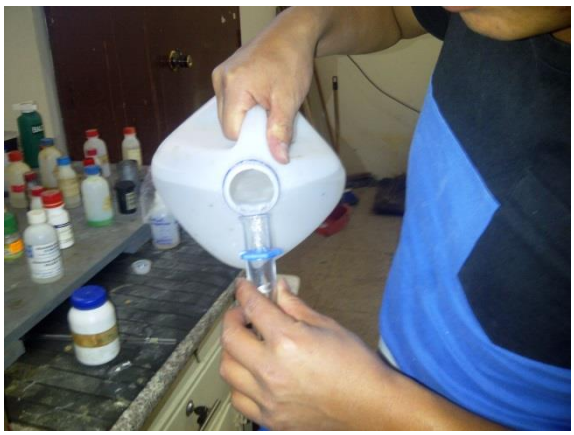
1. Sumergiendo la probeta en el reactivo con la cara que se observará hacia arriba.
2. Mojando un algodón con el reactivo y frotar la cara de la probeta.

Comprobando así que atacando con cualquiera de estos métodos se obtiene un ataque correcto. Transcurrido el tiempo de ataque se debe tomar la probeta y lavar con alcohol e inmediatamente se debe secar con el compresor. La muestra se debe manipular en todo momento con pinzas o sujetarla de las partes externas de la baquelita, ya que si se tiene contacto con la superficie atacada se manchará.

El ataque químico tiene como objetivo revelar las fases y micro-constituyentes de los metales y aleaciones.

En general, dado un reactivo, el tiempo de ataque es una variable fundamental y debe ser determinado en forma práctica; como en nuestro estudio en el que logramos definir tiempos de ataque para los 31 materiales; con reactivos que no sobrepasaban una semana de preparados, ya que constatamos que la conservación de estos no es la adecuada por lo que al ser volátiles pierden sus propiedades fácilmente durante este periodo.

Figura 68: Preparación de reactivos



Fuente: Laboratorio de materiales

En nuestra investigación al utilizar reactivos mal conservados comprobamos que no lograban evidenciar las fases de los materiales en el tiempo óptimo por lo que es aconsejable desecharlos y preparar reactivos nuevos tomando las debidas precauciones para su conservación, como tapar el frasco después de utilizar sin

dejarlo expuesto al ambiente, no introducir pipetas que contengan residuos de otro tipo de reactivo, evitar el ingreso de partículas de extrañas ya sea polvo u otros elementos que alteren la composición del reactivo.

Figura 69. Conservación actual de reactivos

Fuente: Laboratorio de materiales

Un tiempo de ataque demasiado corto (subataque), no permitirá que el reactivo actúe lo suficiente y por lo tanto no se obtendrá un buen contraste entre las fases, por otro lado, un sobre ataque proporcionará una cara obscura con bordes de grano demasiado anchos, resultando dificultoso una distinción clara década una de las fases.

En este sentido nuestra experiencia indica que en el caso de no conocer el tiempo de ataque adecuado, es conveniente comenzar con ataques de corta duración y observaciones microscópicas hasta lograr el contraste apropiado. Una guía de los ataques químicos se pueden ver en la norma ASTM E407 - 07 Standard Practice for Microetching Metals and Alloys.

Figura 70.Ataque de probetas

Fuente: Laboratorio de materiales

En el caso que se produjese un sobre ataque será necesario pulir la probeta en el abrasivo más fino y también en el paño antes de atacar nuevamente.

3.8 Observación metalográfica

Después de ser atacada químicamente la muestra está lista para ser observada en el microscopio; pues representa una técnica más avanzada y se basa en la amplificación de la superficie para observar las características estructurales microscópicas o microestructura.

El principal instrumento para la realización de un examen metalográfico lo constituye el microscopio metalográfico, con el cual es posible examinar una muestra con aumentos que varían entre 50x y 400x.
Éste microscopio metalográfico se diferencia del ordinario, fundamentalmente, en su sistema de iluminación. La luz no puede atravesar el metal y por tanto la luz entra en el objetivo después de ser reflejada en la probeta metálica.

Figura 71. Microscopio metalográfico

Fuente: Laboratorio de materiales

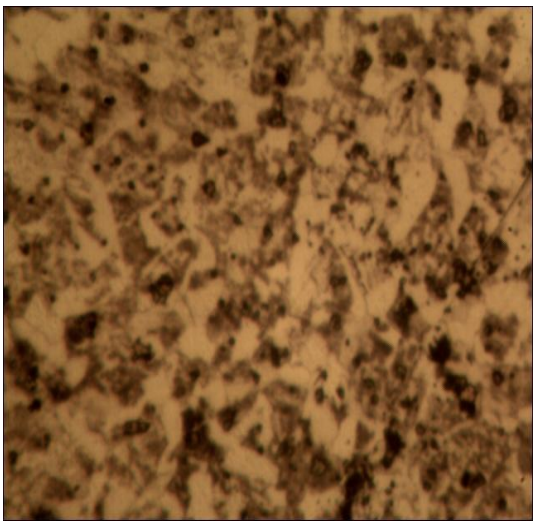
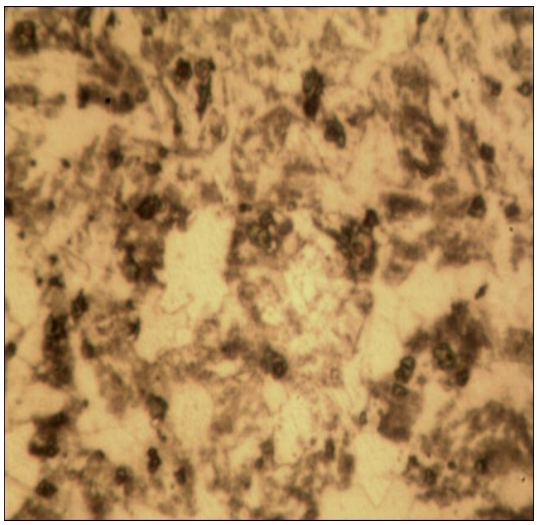
Los microscopios metalográficos suelen llevar un acoplador para sujetar una cámara fotográfica o de video ya que, para poder estudiar mejor la estructura del metal, se obtienen microfotografías. Se deberá registrar el campo observado a distintos aumentos.

Para conservar la probeta debemos envolverla en algodón para evitar que se estropee la superficie colocándola en un recipiente herméticamente y bien identificado.

3.9 Toma de fotografías de las microestructuras de los distintos materiales

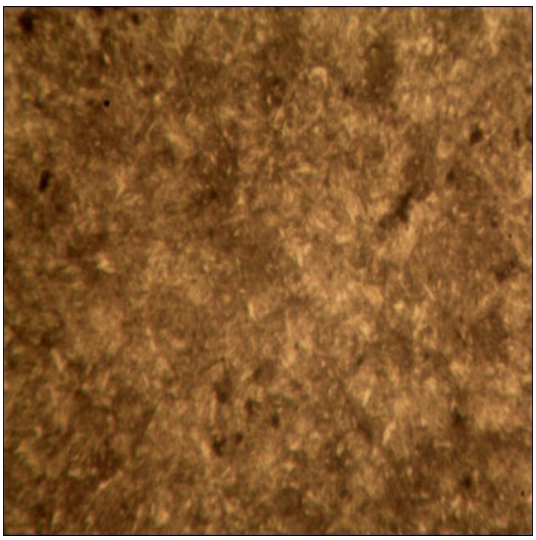
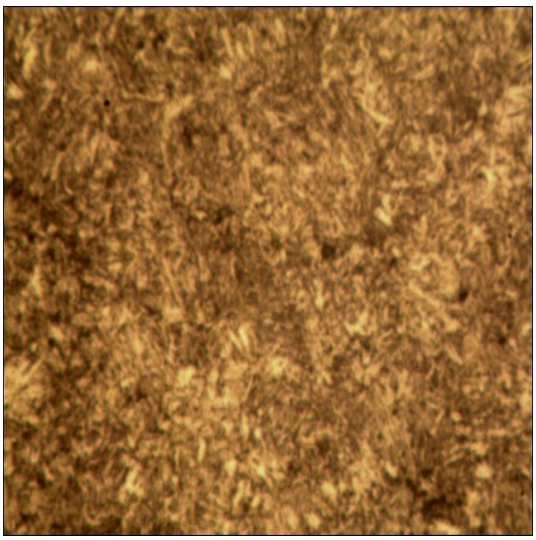
3.9.1 *Materiales ferrosos*

Tabla 9. Material Iván Bohman7210

	
Fotografía del material 7210 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material 7210 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

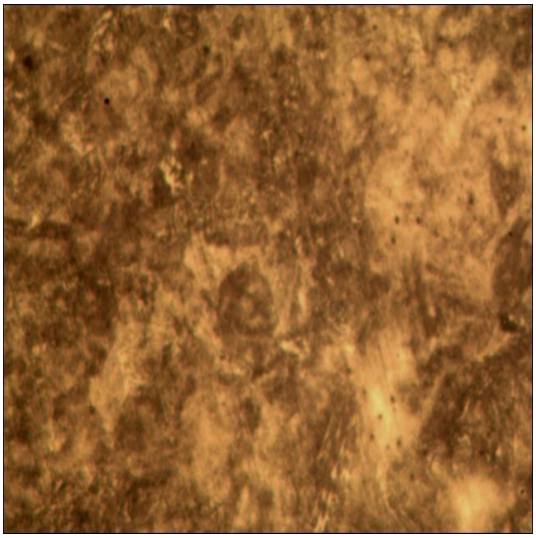
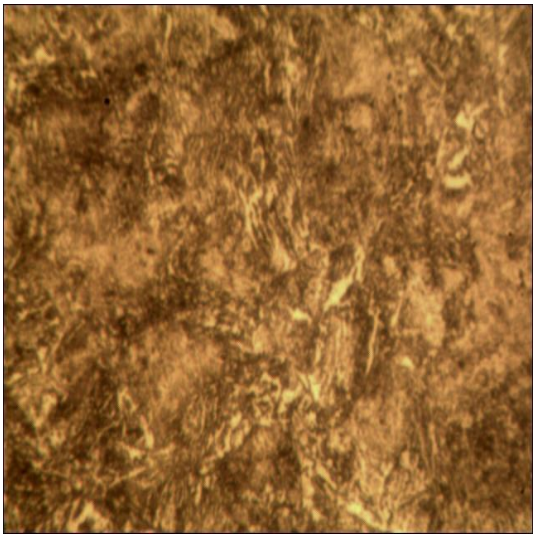
Fuente: Autores

Tabla 10. Material Iván Bohman718

	
Fotografía del material 718/ AISI PB20 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material 718/ AISI PB20 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

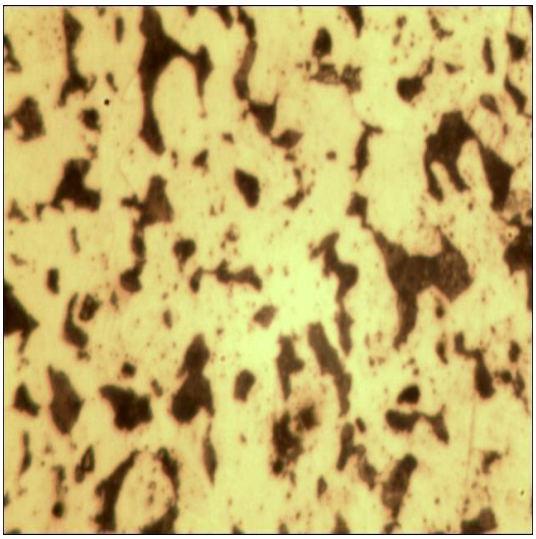
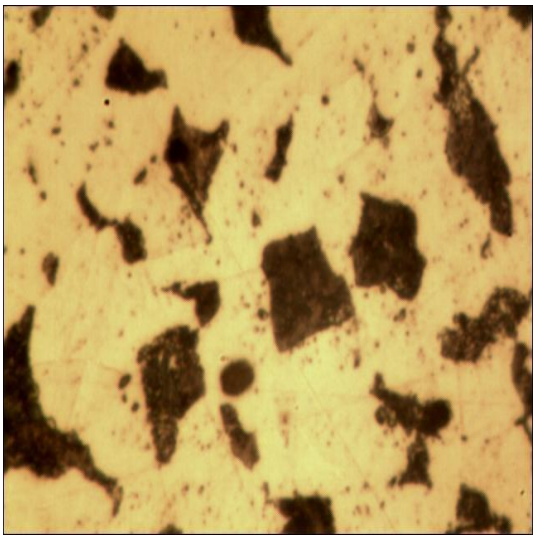
Fuente: Autores

Tabla 11. Material Iván Bohman709

	
Fotografía del material 709/ AISI 4140 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material 709/ AISI 4140 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

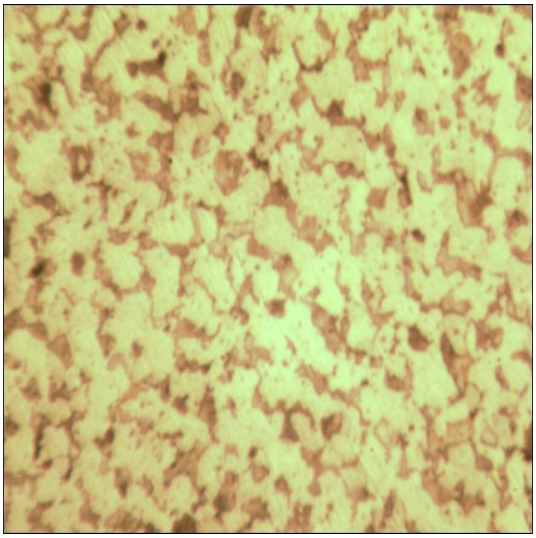
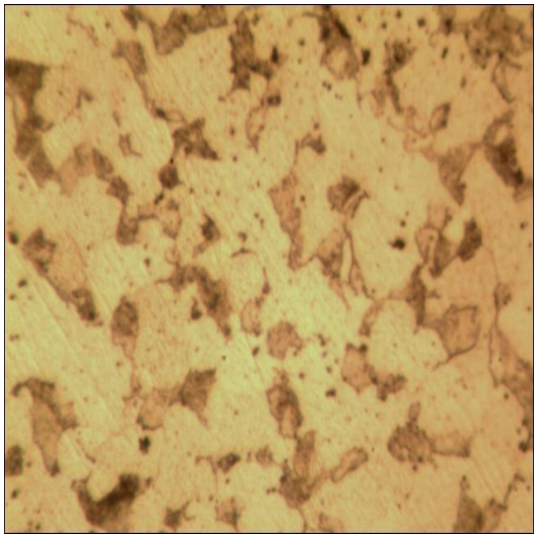
Fuente: Autores

Tabla 12. Material Iván BohmanAISI 4340

	
Fotografía del material AISI 4340 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material AISI 4340 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

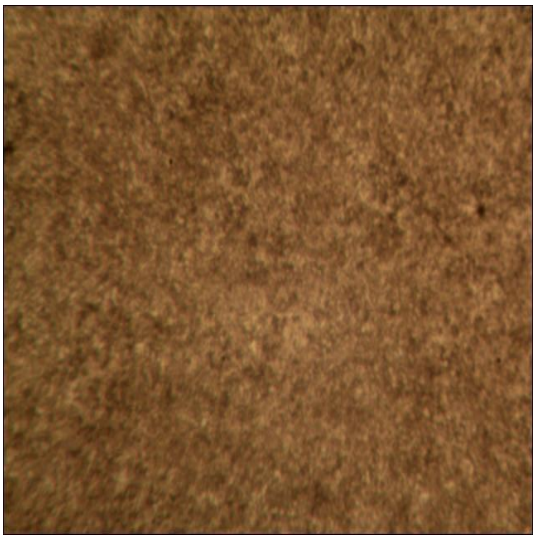
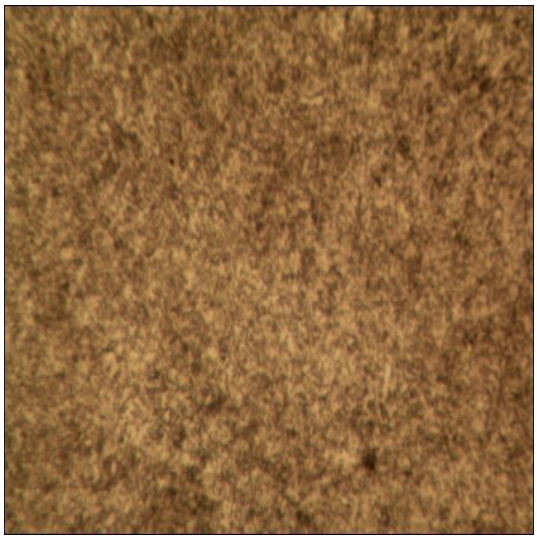
Fuente: Autores

Tabla 13. Material Iván BohmanSAE 1018

	
Fotografía del material SAE 1018 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material SAE 1018 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

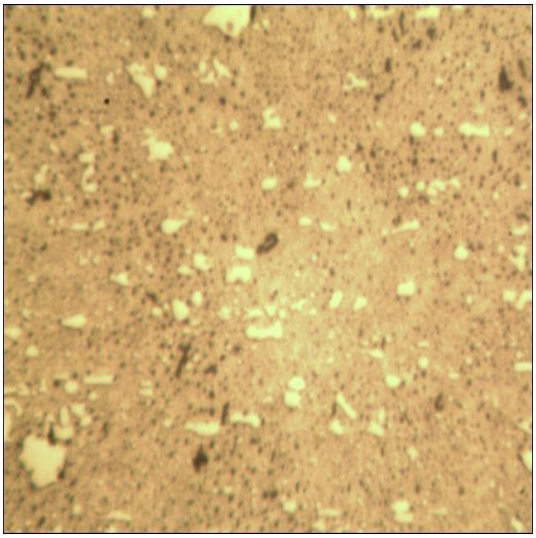
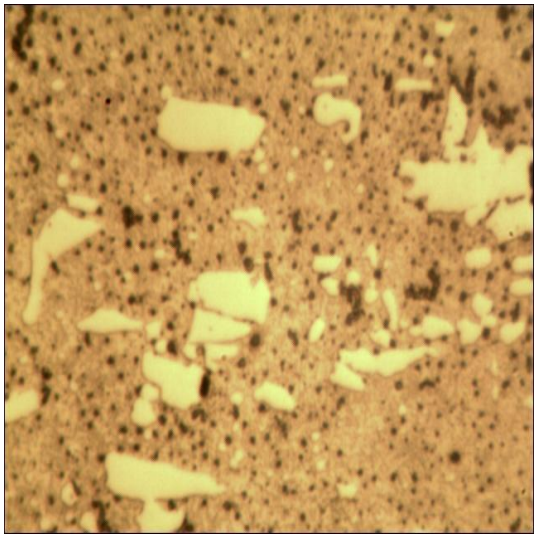
Fuente: Autores

Tabla 14. Material Iván BohmanCALMAX

	
Fotografía del material CALMAX tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material CALMAX tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

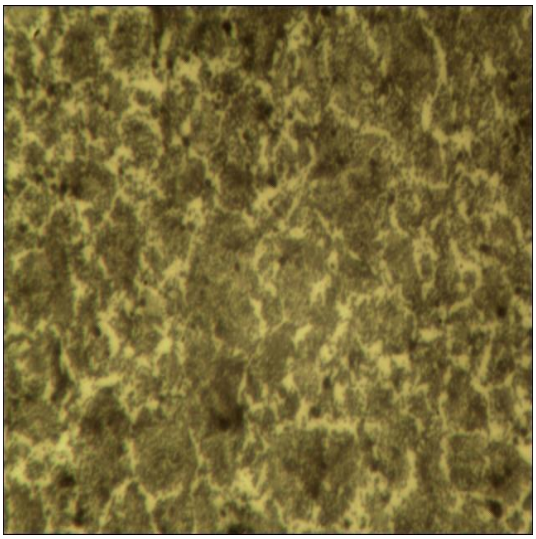
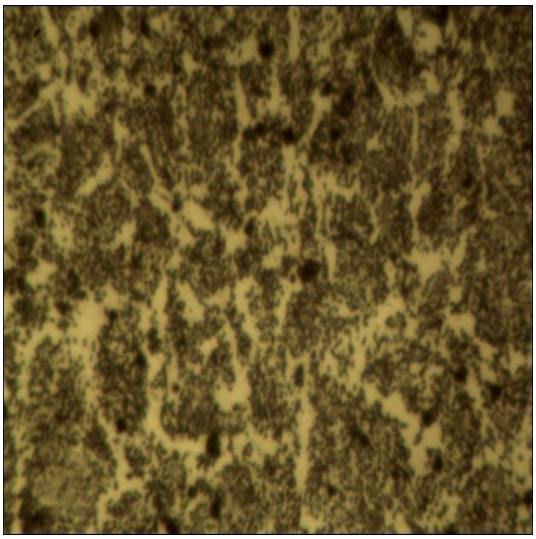
Fuente: Autores

Tabla 15. Material Iván BohmanXW41

	
Fotografía del material XW41 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material XW41 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

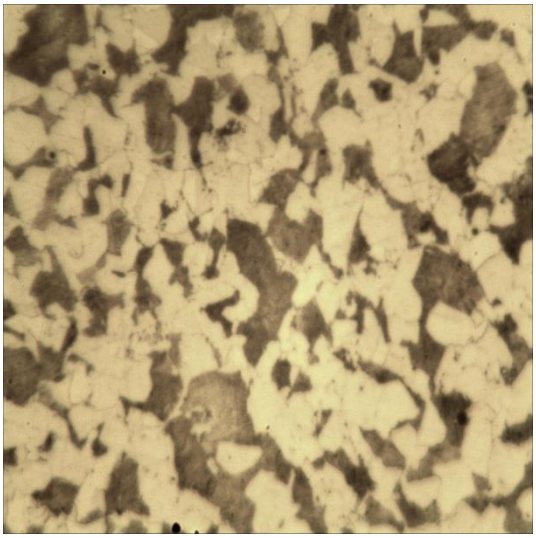
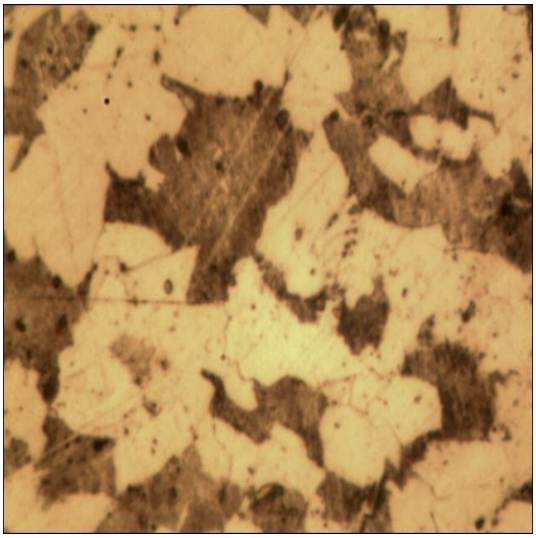
Fuente: Autores

Tabla 16. Material Iván Bohman760

	
Fotografía del material 760/AISI 1045 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material 760/AISI 1045 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

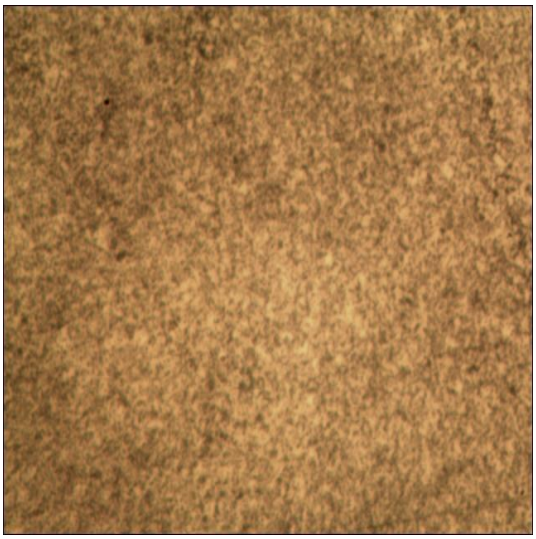
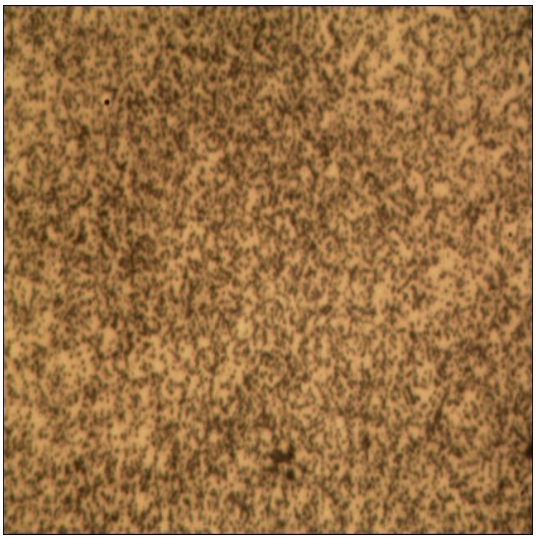
Fuente: Autores

Tabla 17. Material Iván Bohman barra perforada cementable

	
Fotografía del material Barra perforada cementable tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material Barra perforada cementable tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

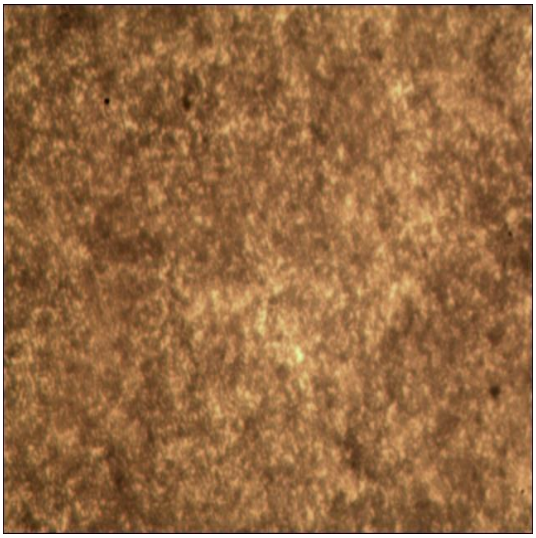
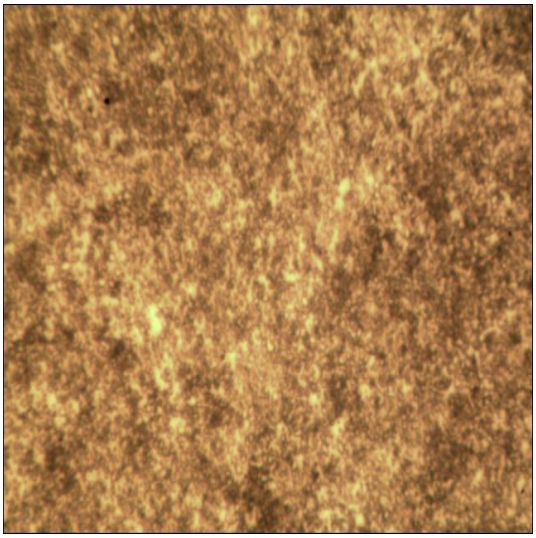
Fuente: Autores

Tabla 18. Material Iván Bohman8407

	
Fotografía del material 8407 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material 8407 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

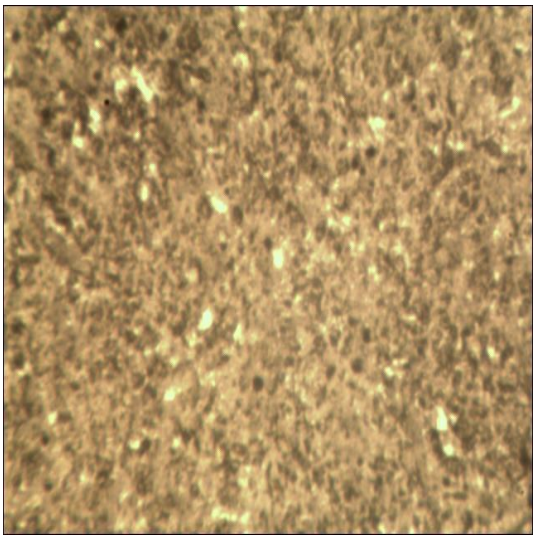
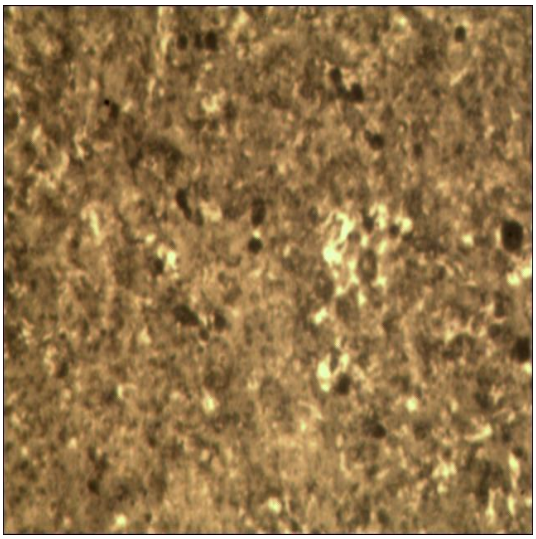
Fuente: Autores

Tabla 19. Material Iván BohmanDF2

	
Fotografía del material DF2 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material DF2 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

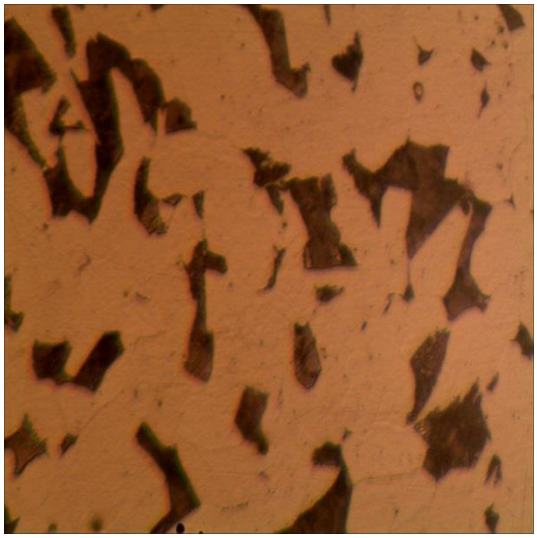
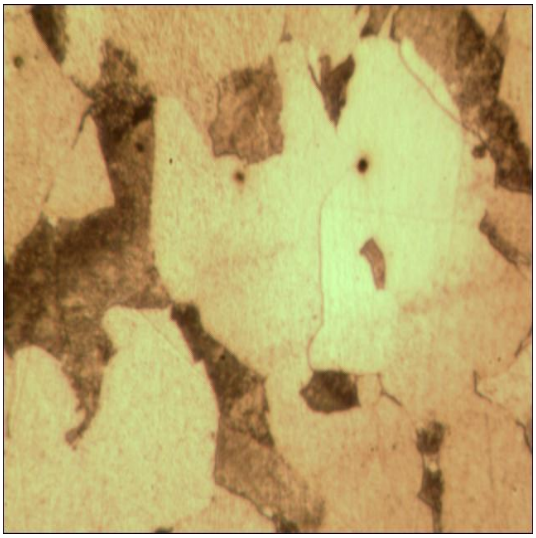
Fuente: Autores

Tabla 20. Material Bohler705

	
Fotografía del material 705 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material 705 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

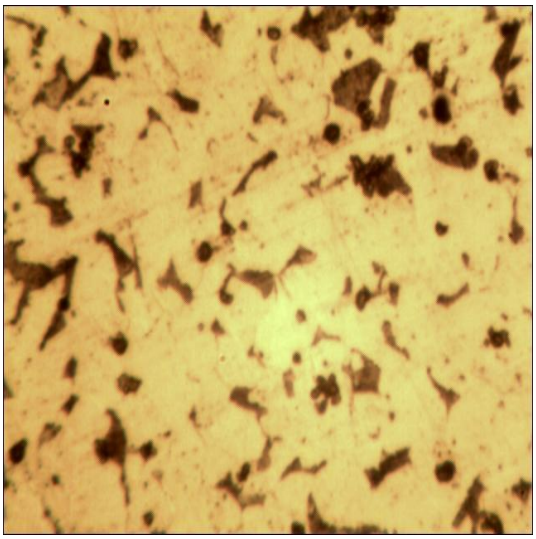
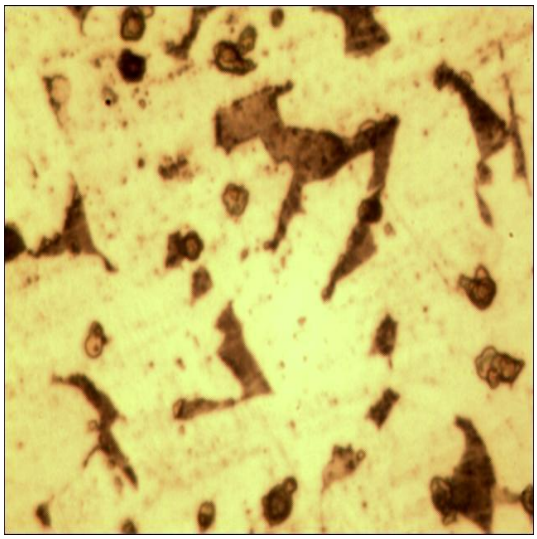
Fuente: Autores

Tabla 21. Material BohlerE920

	
Fotografía del material E920 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material E920 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

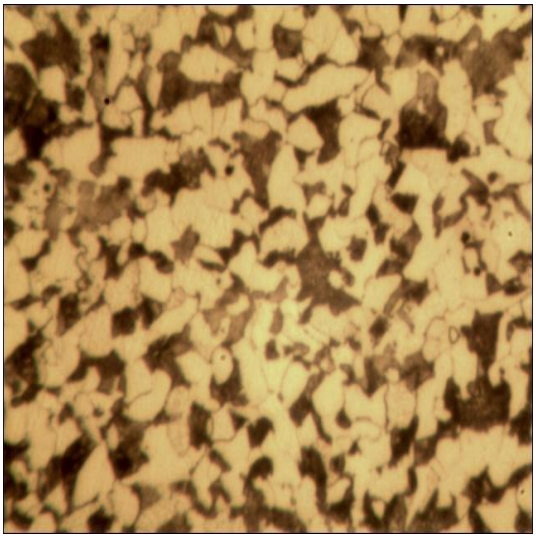
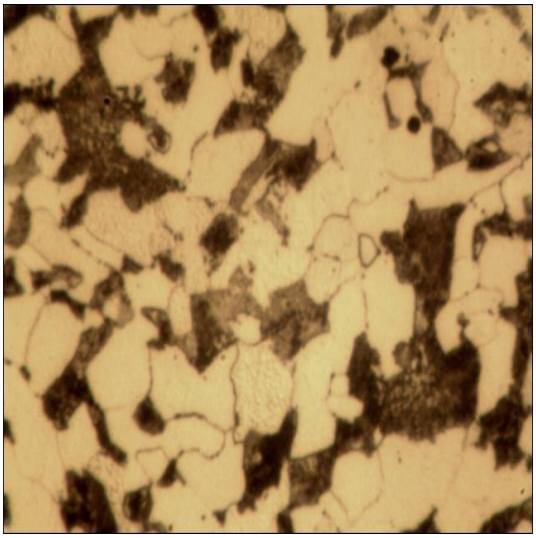
Fuente: Autores

Tabla 22. Material Bohler1010

	
Fotografía del material 1010 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material 1010 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

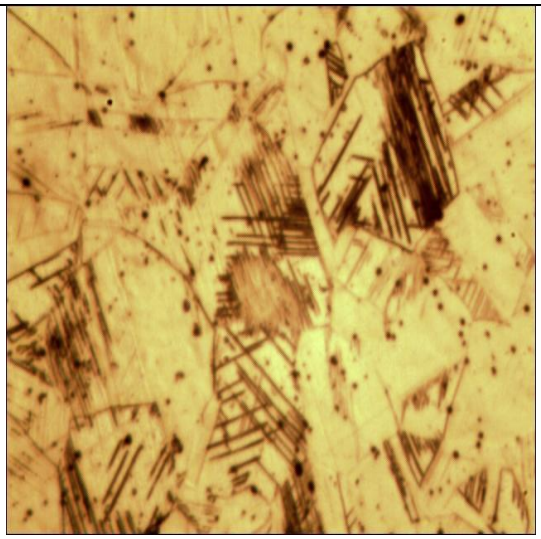
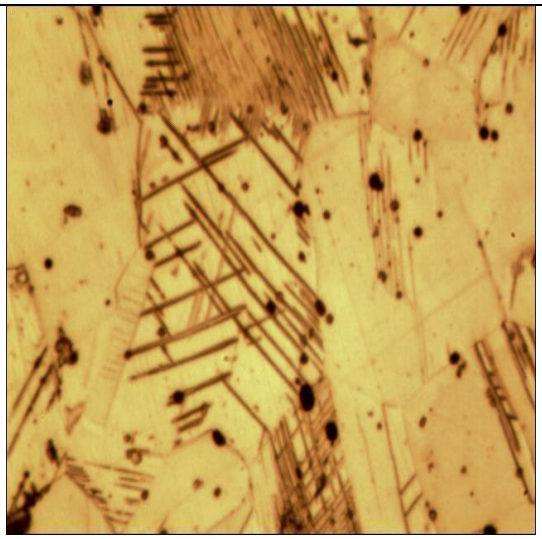
Fuente: Autores

Tabla 23. Material BohlerE410

	
Fotografía del material E410 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material E410 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

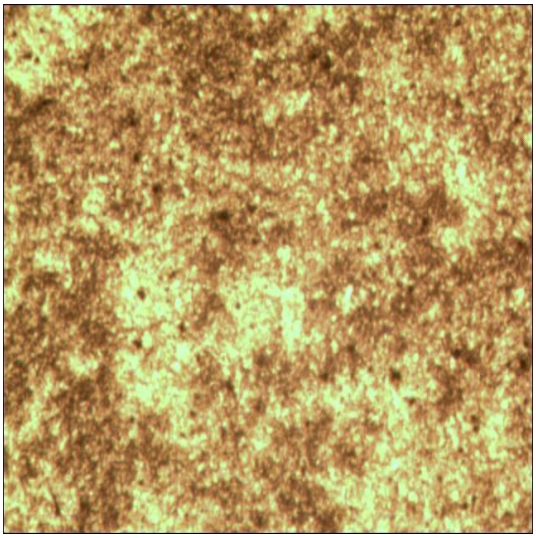
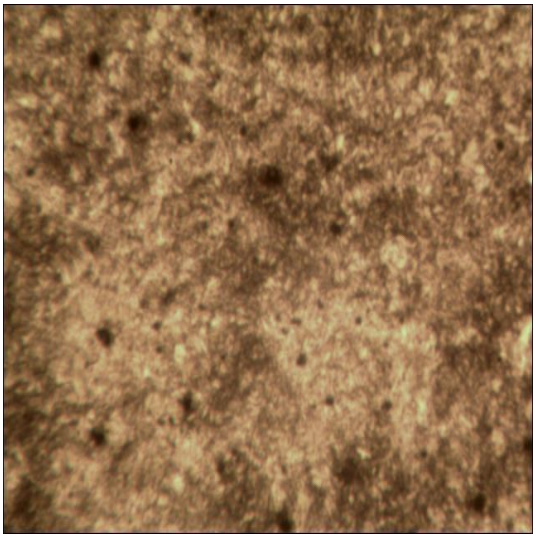
Fuente: Autores

Tabla 24. Material BohlerA604

	
Fotografía del material A604 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material A604 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

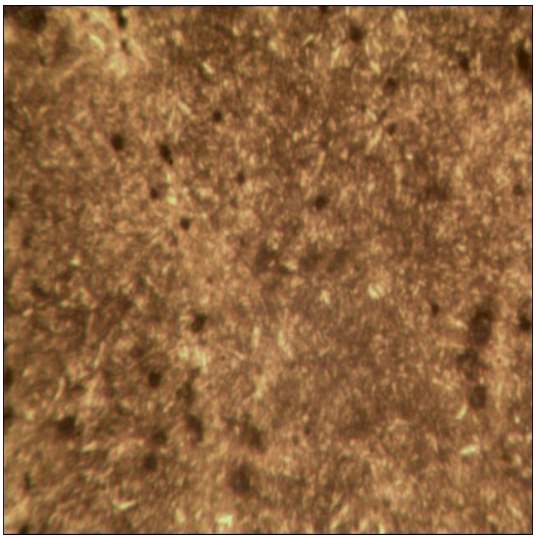
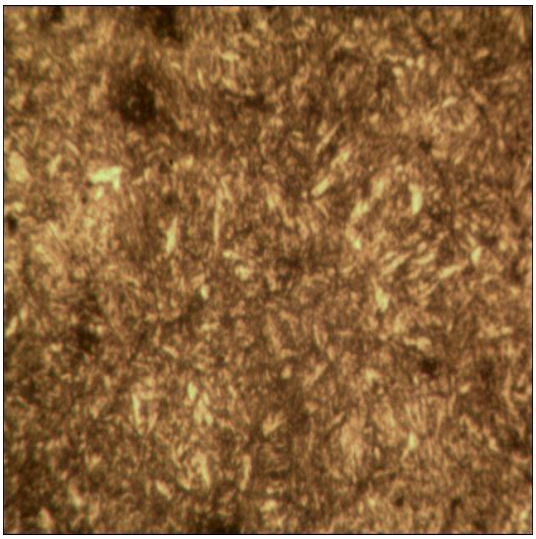
Fuente: Autores

Tabla 25. Material BohlerV155

	
Fotografía del material V155 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material V155 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

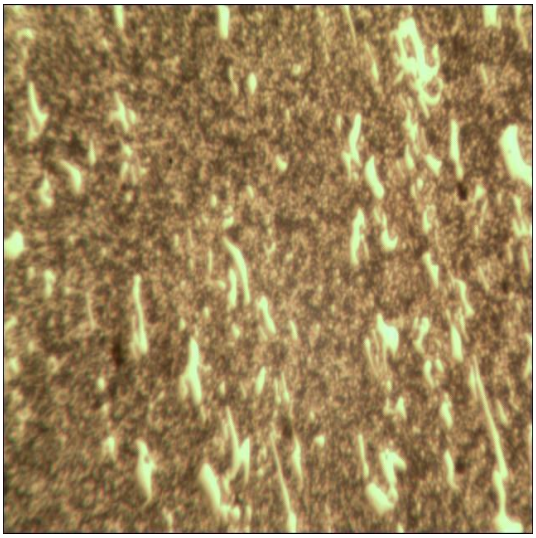
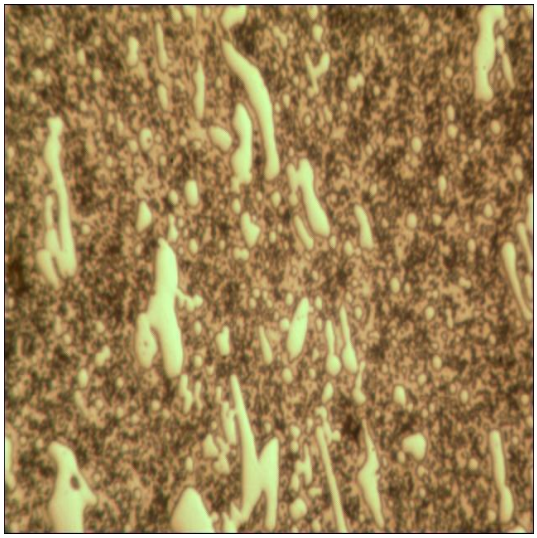
Fuente: Autores

Tabla 26. Material BohlerV320

	
Fotografía del material V320 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material V320 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

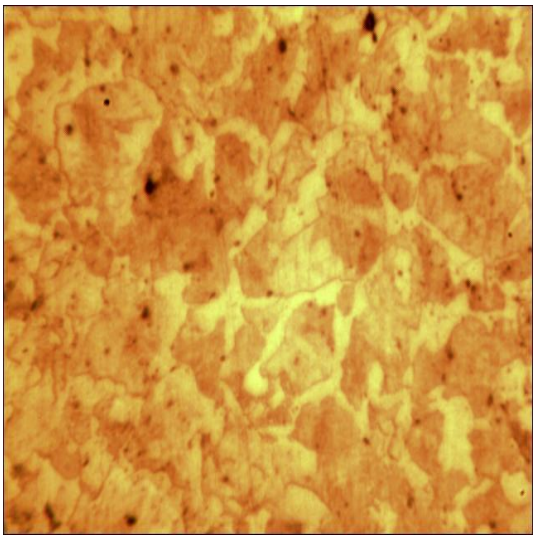
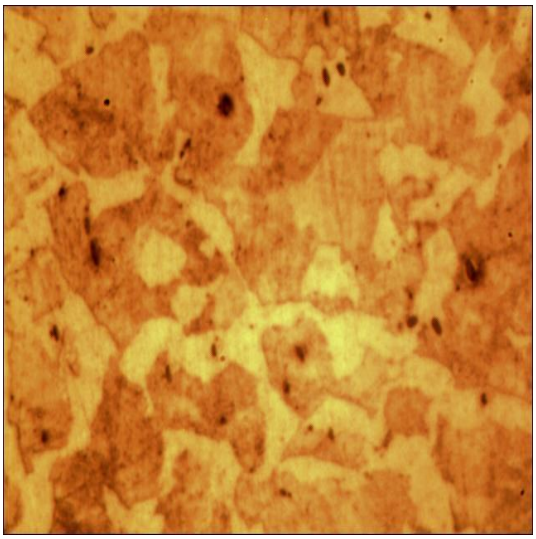
Fuente: Autores

Tabla 27. Material BohlerK100

	
Fotografía del material K100 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material K100 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

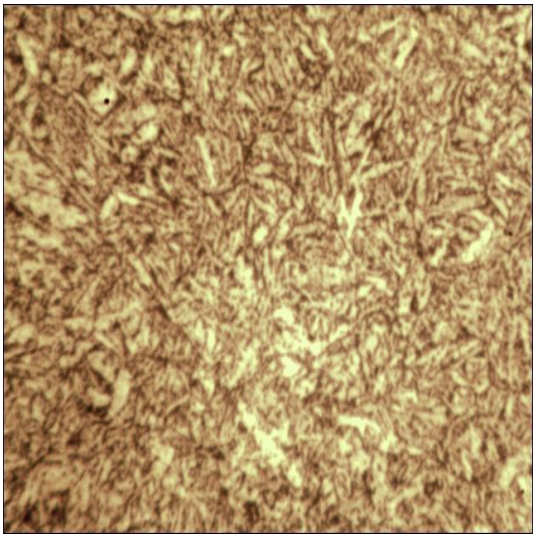
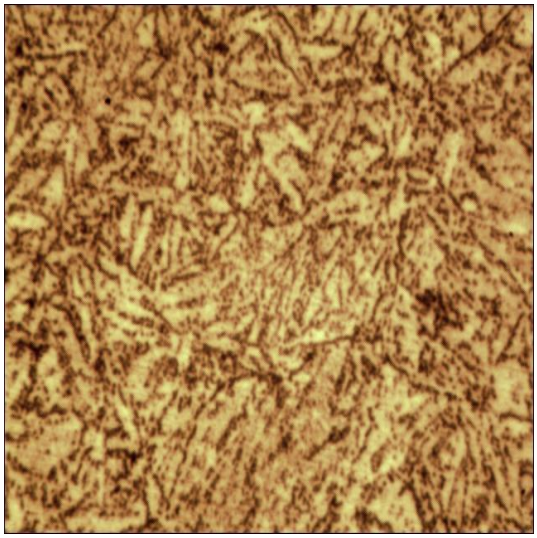
Fuente: Autores

Tabla 28. Material BohlerV945

	
Fotografía del material V945 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material V945 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

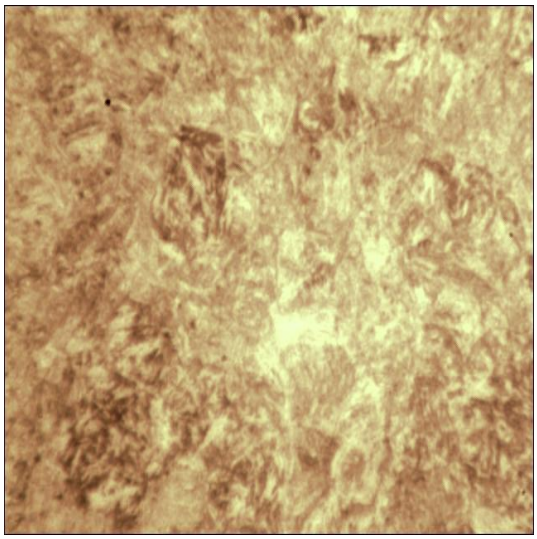
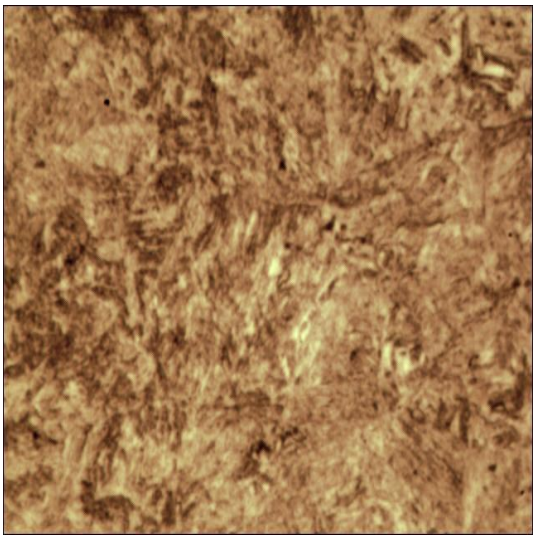
Fuente: Autores

Tabla 29. Material BohlerW302

	
Fotografía del material W302 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material W302 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

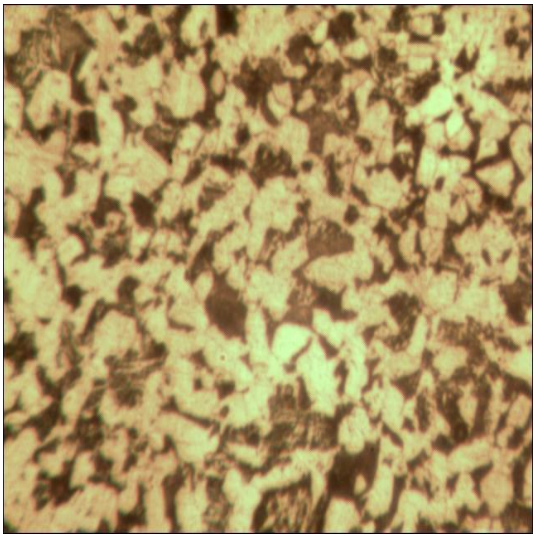
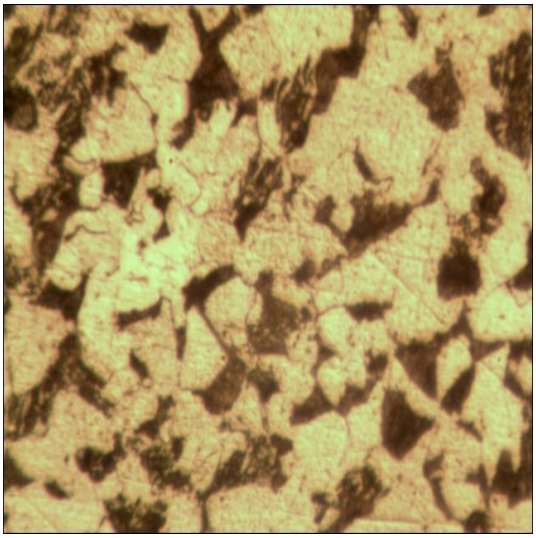
Fuente: Autores

Tabla 30. Material BohlerM303

	
Fotografía del material M303 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material M303 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

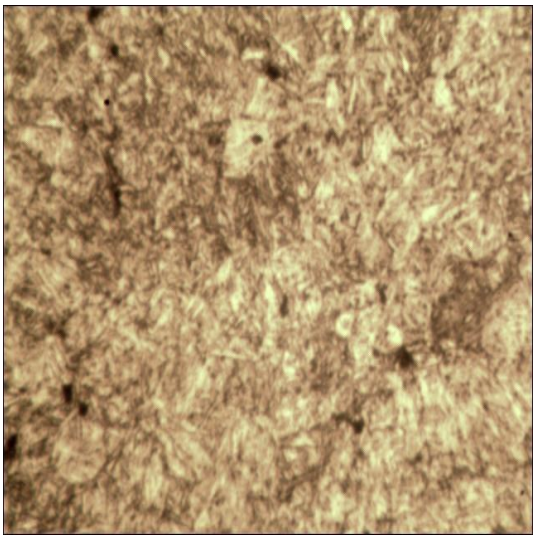
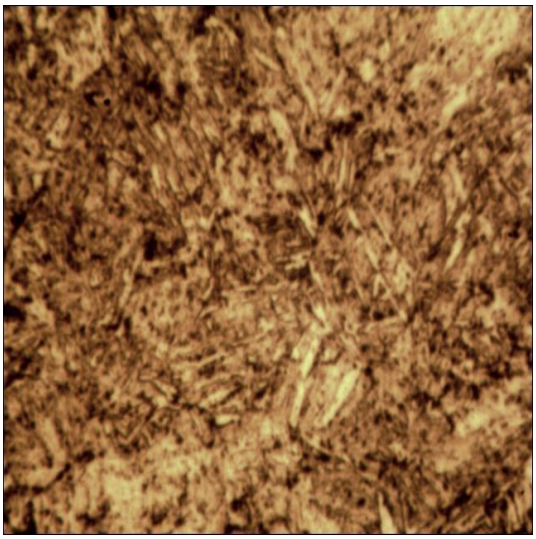
Fuente: Autores

Tabla 31. Material BohlerV720

	
Fotografía del material V720 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material V720 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

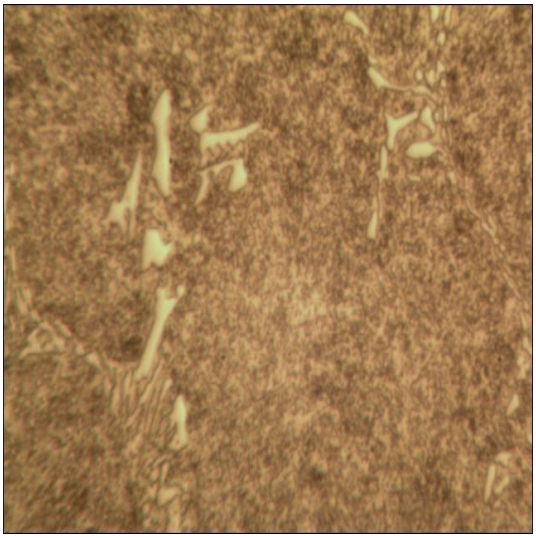
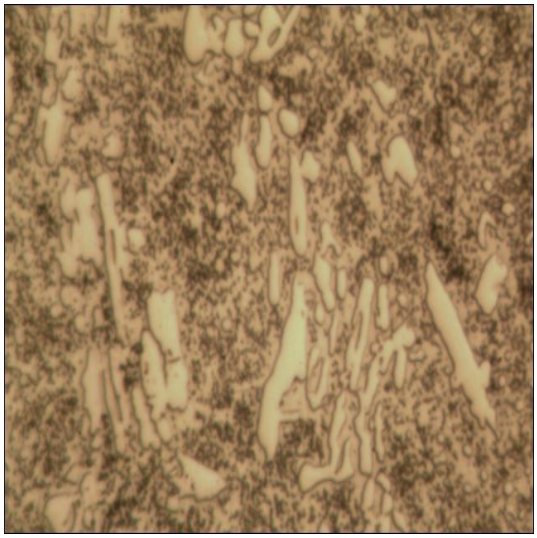
Fuente: Autores

Tabla 32. Material BohlerM238

	
Fotografía del material M238 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material M238 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

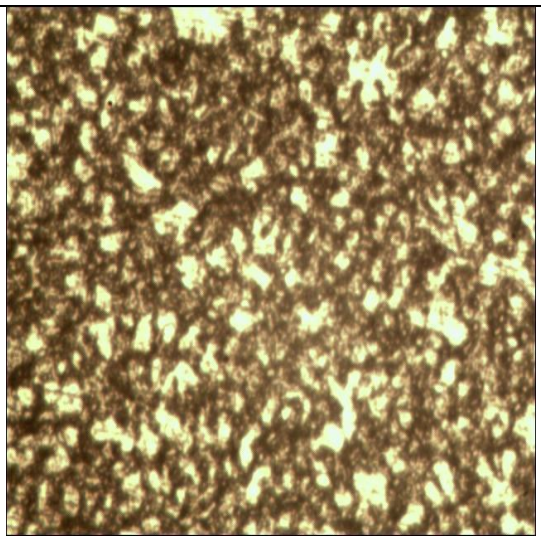
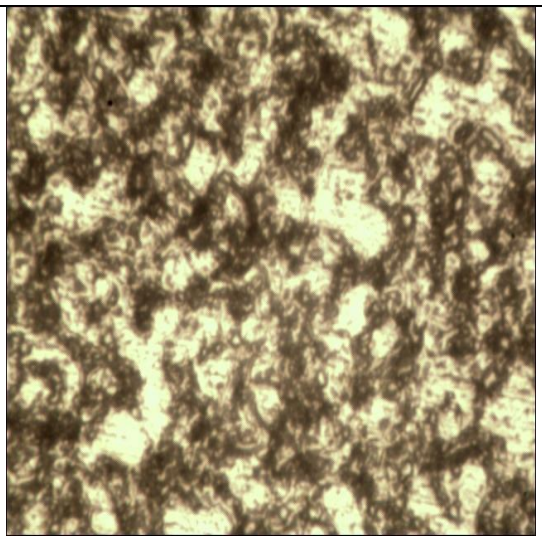
Fuente: Autores

Tabla 33. Material BohlerK110

	
Fotografía del material K110 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material K110 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

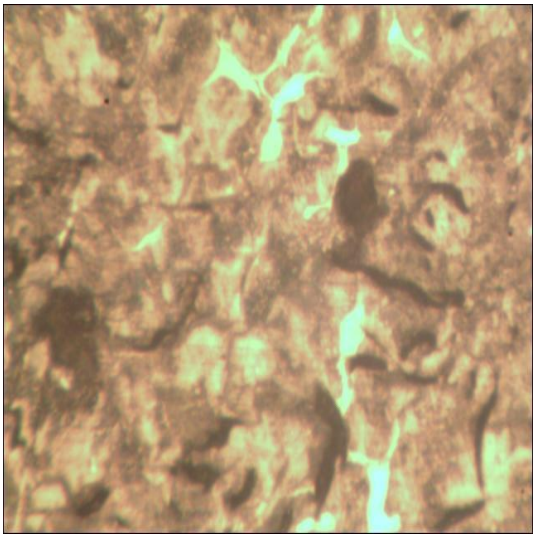
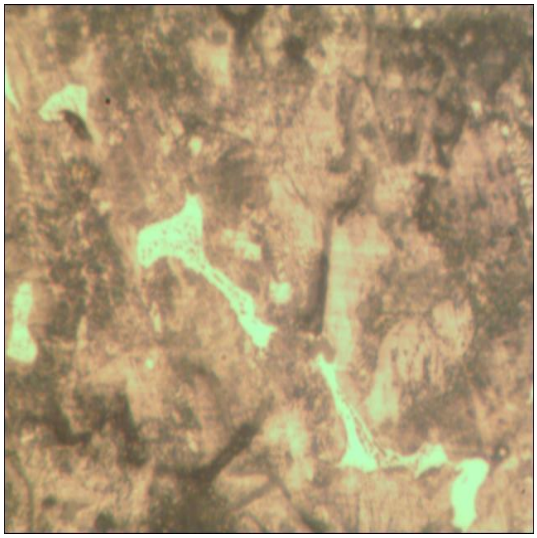
Fuente: Autores

Tabla 34.Material fundición blanca

	
Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

Fuente: Autores

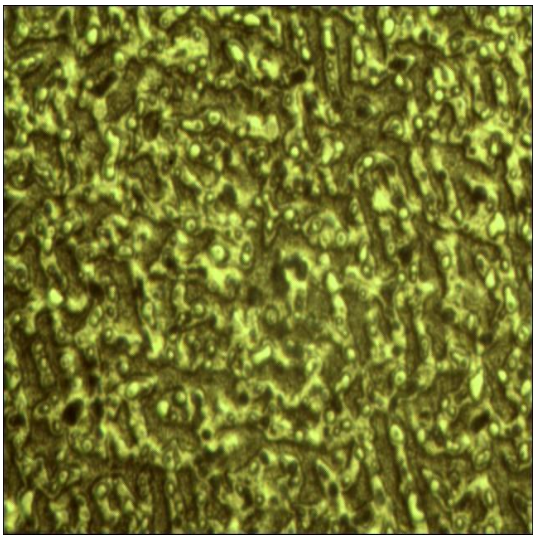
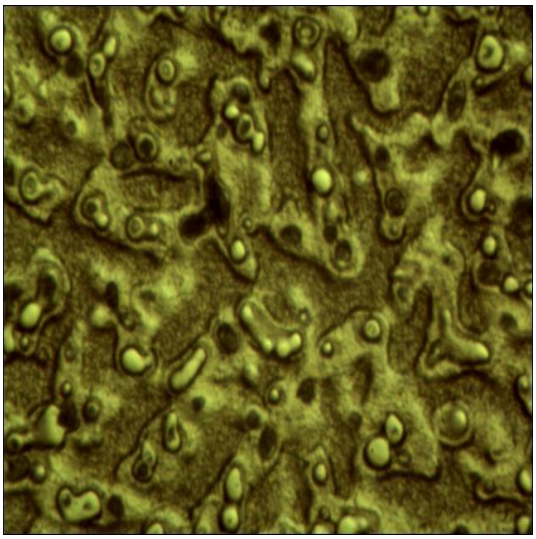
Tabla 35. Material fundición gris

	
Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

Fuente: Autores

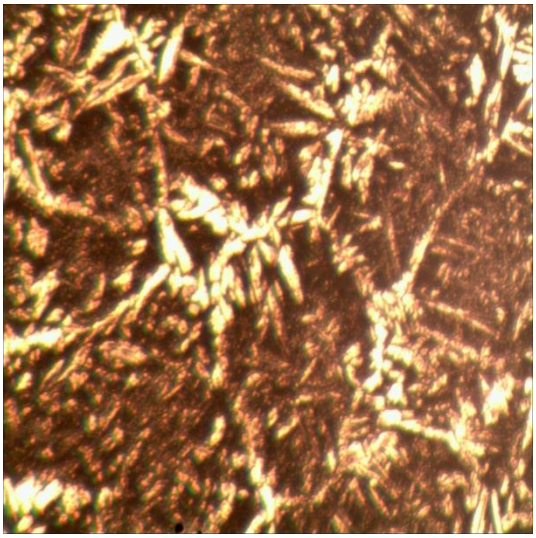
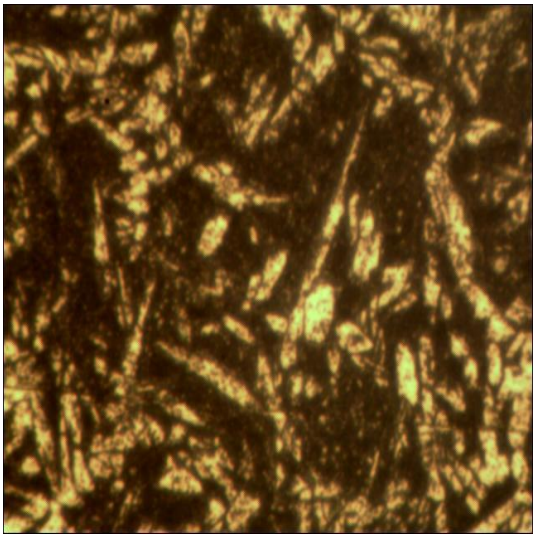
3.9.2 *Materiales no ferrosos*

Tabla 36. Material Iván Bohman SAE 40

	
Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

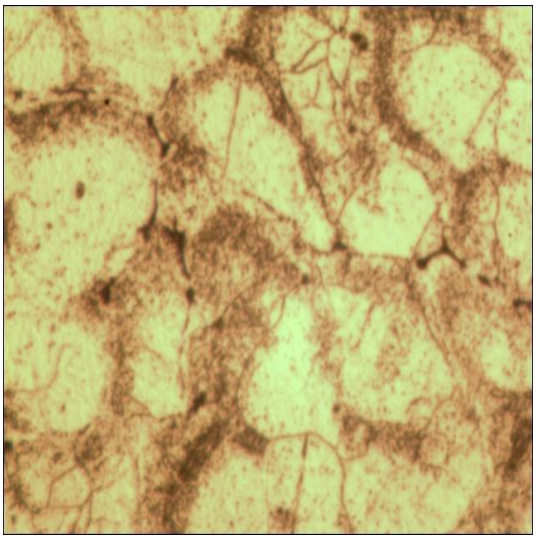
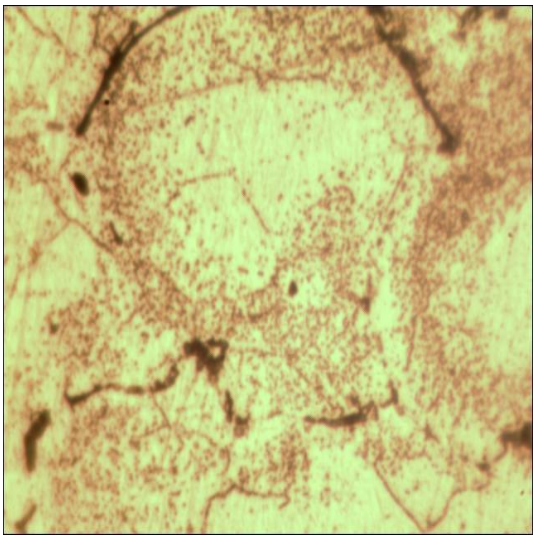
Fuente: Autores

Tabla 37. Material Iván Bohman bronce al aluminio

	
Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

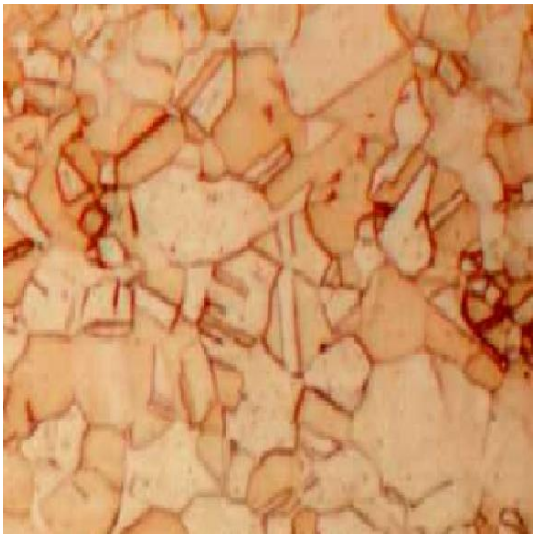
Fuente: Autores

Tabla 38. Material Bohler duraluminio

	
Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

Fuente: Autores

Tabla 39. Material cobre

	
Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 200x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica.	Fotografía del material AISI PB20/718 tomada a 400x. Lab. Materiales-Facultad de Mecánica

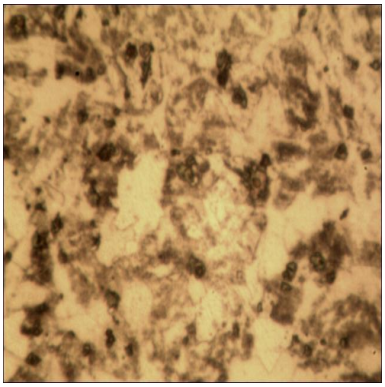
Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES A SER MEDIDAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

4.1 Base de datos materiales ferrosos

Tabla 40. Ficha identificación material 7210

NOMBRE DEL MATERIAL:	7210	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	AISI 8620	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero de maquinaria para cementación, es un acero aleado con un núcleo de alta resistencia al desgaste superficial, combinado con una buena tenacidad del núcleo. Comparado con un acero de más alta aleación (tipo 3% níquel) éste tiene menor tendencia a la formación de austenita retenida.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

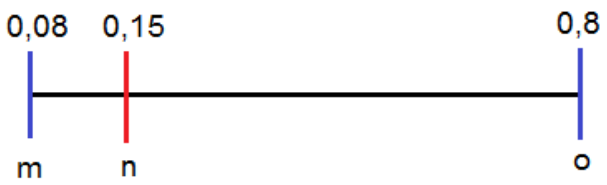
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
7210	0,15	0,25	0,90	0,80	1,20	0,10
AISI 8620	0,18-0,23	0,15-0,35	0,70-0,90	0,40-0,60	0,40-0,70	0,15-0,25

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Tiene un grano fino, del cual se aprovecha tenacidad y seguridad en el temple directo. Se suministra con una buena dureza natural controlada, dando óptima maquinabilidad.

Tabla 40. (continuación)

PROPIEDADES			
• Propiedades mecánicas: Suministrado laminado en caliente con dureza aproximada de 217 HB. • Propiedades mecánicas del núcleo en condición de cementado y templado a 820°C y revenido a 180 °C durante una hora.			
APLICACIONES			
• Industria automotriz, para la realización de piñones, ejes estriados, cigüeñales, etc. • Maquinaria como: ejes, engranajes de reducción, cojinetes, tornillería con exigencias de dureza exterior, columnas, pines de tractores, piezas duras de maquinaria en general. • Aplicaciones de mediana resistencia mecánica, expuestas a vibraciones o donde se requiere soldadura, con el 7210 en estado de suministro.			
ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Reactivo	Nital 4	**Ferrita:**	90,28%
Tiempo de Ataque	30 segundos	**Perlita:**	9,72%



$$\%\,Fase\ 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\,Fase\ 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%\,Ferrita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\,Perlita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%\,Ferrita = \frac{0{,}15-0{,}8}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

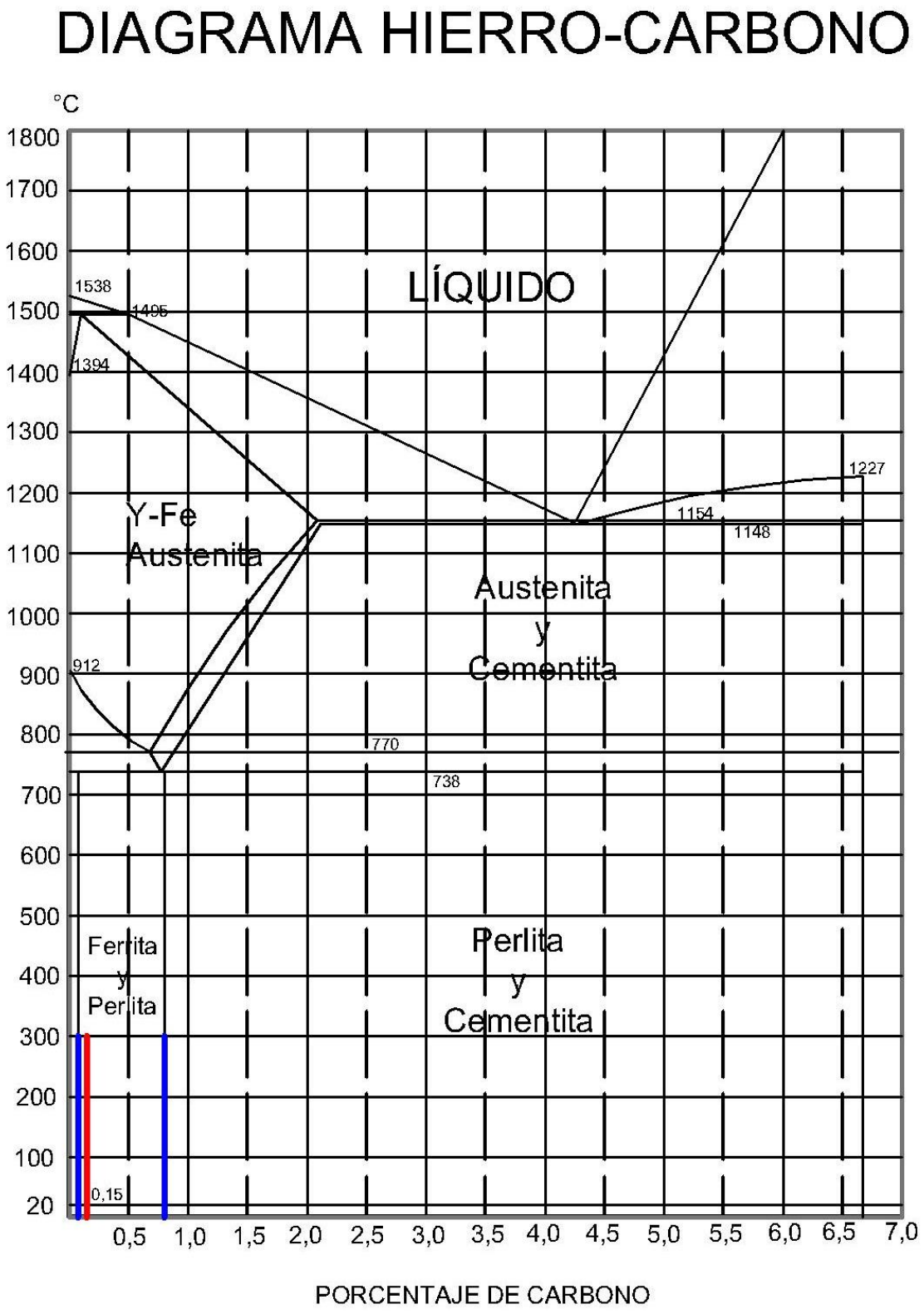
$$\%\,Perlita = \frac{0{,}08-0{,}15}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

$$\%\,Ferrita = 90{,}28$$

$$\%\,Perlita = 9{,}72$$

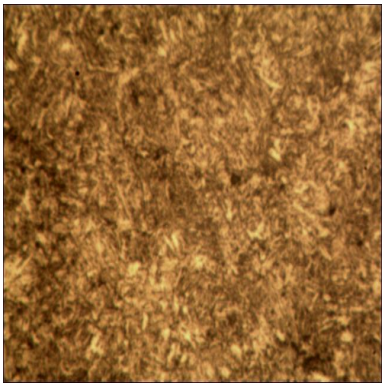
Fuente: Autores

Figura 72. Diagrama hierro-carbono material 7210



Fuente: Autores

Tabla 41.Fichaidentificación material 718

NOMBRE DEL MATERIAL:	718	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	AISI/SAE P20 W.Nr 12738,(12311 mejorado) UNE F-5303 AFNOR 35CND7 UDDEHOLM IMPAX SUPREME	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

Es un acero aleado al cromo-níquel-molibdeno, desgasificado en vacío, que se suministra templado y revenido con alta pureza y uniformidad ofreciendo las siguientes ventajas:

- Sin riesgos de temple y ahorro de divisas por este proceso.
- Ahorro de tiempo.
- Menor costo de las herramientas (evitamos rectificación de deformaciones producidas por el tratamiento térmico).
- Las modificaciones se efectúan fácilmente.
- Pueden nitrurarse para mejorar resistencia al desgaste.
- Acepta temple a la llama, pudiendo reducir los daños en la superficie.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
718	0,37	0,30	1,40	2,00	1,00	0,20
AISI/SAE P20	0,35	0,20-0,40	0,20-0,40	1,70	------	0,40

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS A 310 HB

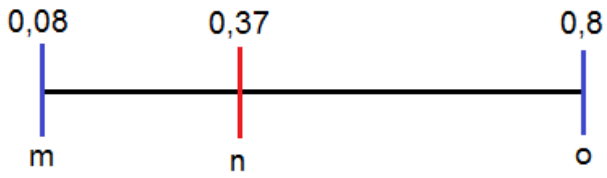
Temperatura ºC	20	200
Densidad Kg/m³	7800	7750
Módulo de elasticidad N/mm²	205000	200000
Coeficiente de dilatación térmica por ºC a partir de 20 ºC		$12{,}7x10^{-6}$

PROPIEDADES

- Excelentes aptitudes para el pulido y elaboración de fotograbados.
- Buena maquinabilidad.
- Alta pureza y homogeneidad probadas con ultrasonido en el 100%
- Dureza uniforme en todas las dimensiones.

Tabla 41. (continuación)

APLICACIONES			
• Moldes de gran tamaño, donde el tratamiento térmico, resulta muy difícil y riesgoso. • Moldes de inyección para termoplásticos. • Moldes de destrucción para termoplásticos. • Moldes para solplado. • Herramientas de conformar sin arranque de viruta (templadas a la llama o nitruradas) • Componentes estructurales, ejes			
ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita:**	59,72%
Tiempo de ataque:	30 segundos	**Perlita:**	40,28%



$$\% \, Fase \, 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, \mathrm{Fase} \, 2 = \frac{\mathrm{m} - \mathrm{n}}{\mathrm{m} - \mathrm{o}} * 100$$

$$\% Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, \mathrm{Perlita} = \frac{\mathrm{m} - \mathrm{n}}{\mathrm{m} - \mathrm{o}} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}37 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

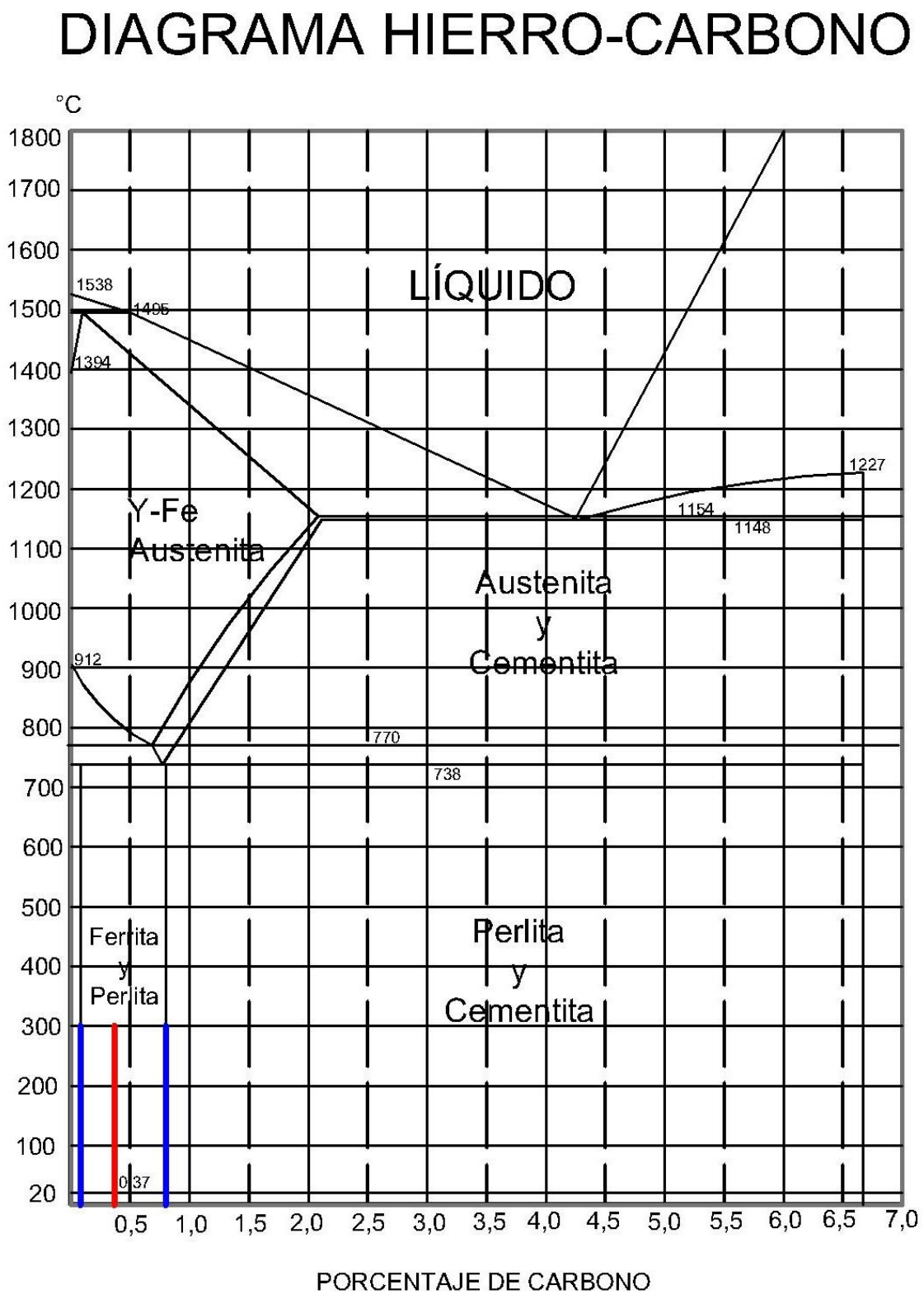
$$\% \, \mathrm{Perlita} = \frac{0{,}08 - 0{,}37}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 59{,}72$$

$$\% \, \mathrm{Perlita} = 40{,}28$$

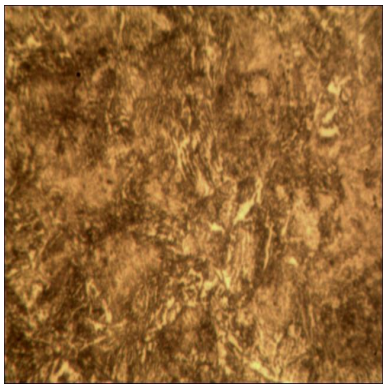
Fuente: Autores

Figura 73. Diagrama hierro-carbono material 718



Fuente: Autores

Tabla 42.Ficha identificación material 709

NOMBRE DEL MATERIAL:	709	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	AISI 4140 DIN 42CrMo4 W.Nr 1,7225 JIS SCM4 AFNOR 42CD4	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

Acero bonificado para maquinaria, el 709 es un acero aleado para construcción de maquinaria, que posee una alta resistencia especialmente en medidas pequeñas y medianas, como norma el 709 es suministrado templado y revenido (temple tenaz bonificado), por lo que no se requeriría un tratamiento térmico posterior, a no ser que así lo exija la aplicación y en este caso se templará en aceite para obtener propiedades mecánicas más elevadas.

El 709 es apropiado para templarse por flama e inducción y susceptible de nitrurar.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
709	0,42	0,25	0,75	-	-	1,05	0,20
AISI 4140	0,38-0,43	0,15-0,35	0,75-1,00	<0,035	<0,040	0,80-1,10	0,15-0,25

PROPIEDADES

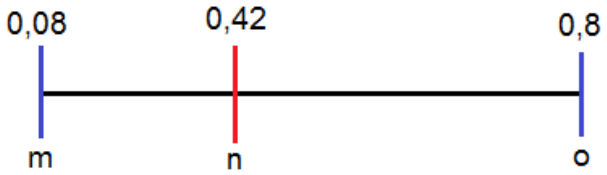
- Resistencia a la tracción de 90-105 kg/mm^2.
- Esfuerzo de cedencia 70kg/mm^2.
- Resistencia al impacto, KU de aproximadamente 25 J.
- Dureza 275 – 320 HB.

APLICACIONES

- Industria automotriz: ejes bielas, árboles de transmisión, cigüeñales, etc.
- Maquinaria: engranajes de temple por llama, inducción o nitruración, parte de bombas, ejes de reductores, árboles de turbinas a vapor, tornillería de lata resistencia.
- Industria petrolera: taladros, brocas, barrenos, cuerpos de escariadores, vástagos de pistón.

Tabla 42. (continuación)

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Reactivo	Nital 4	**Ferrita:**	52,78 %
Tiempo de Ataque	10 segundos	**Perlita:**	47,22 %



$$\% \, Fase \, 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\% \, Fase \, 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}42-0{,}8}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

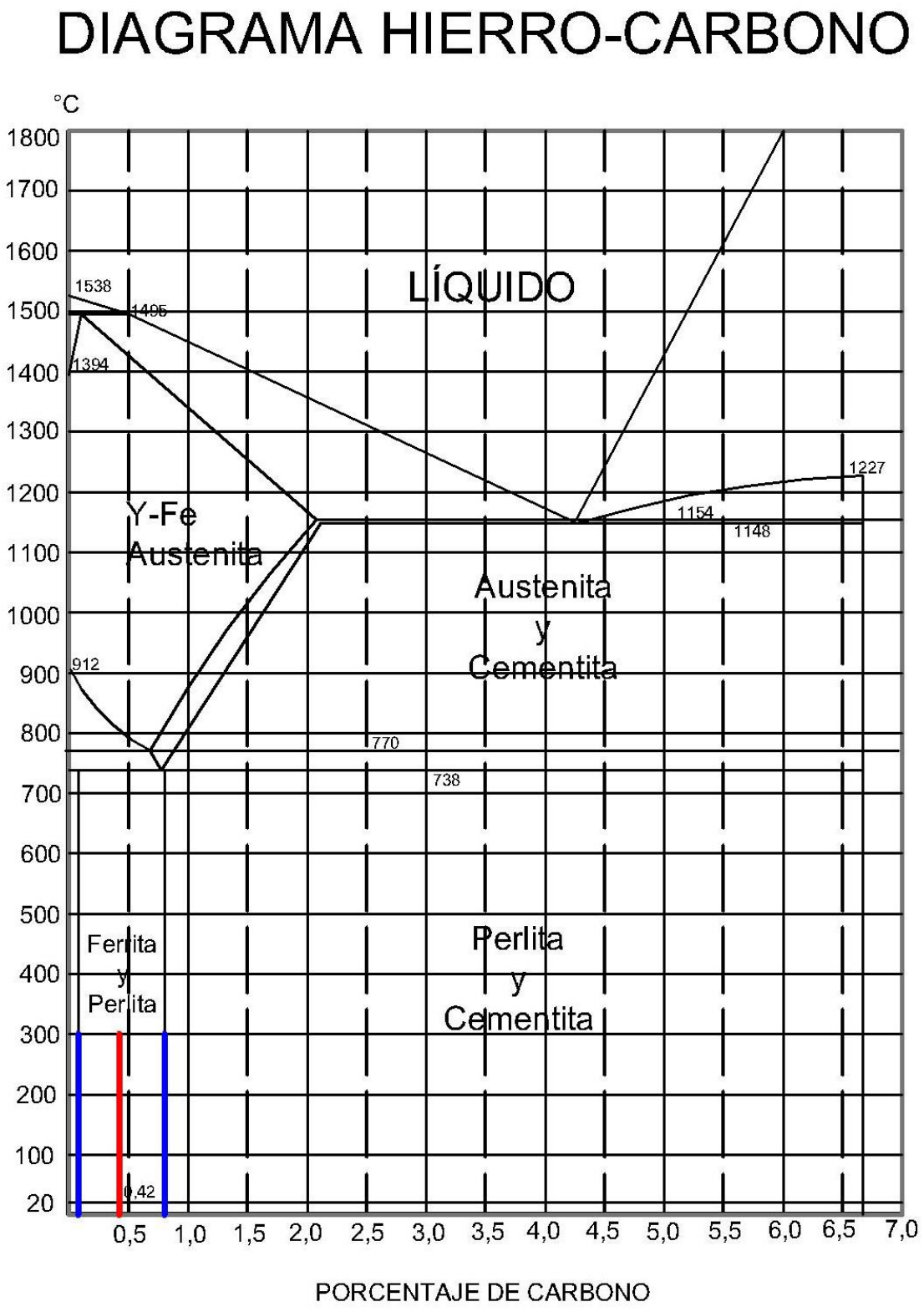
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08-0{,}42}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 52{,}77$$

$$\% \, Perlita = 47{,}22$$

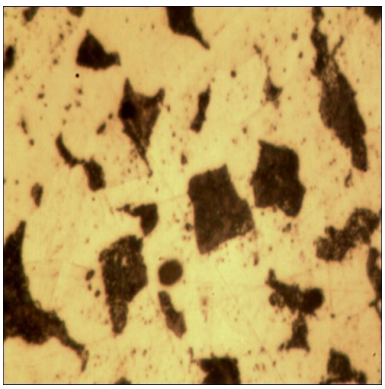
Fuente: Autores

Figura 74. Diagrama hierro-carbono material 709



Fuente: Autores

Tabla 43Ficha identificación material AISI 4340

NOMBRE DEL MATERIAL:	AISI 4340	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	AISI/SAE 4340 DIN 34CrNiMo6 W.Nr. 1,6582 AFNOR 35NCD6	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

705 es un acero al molibdeno más cromo y níquel. El molibdeno tiene una solubilidad limitada y es buen formador de carburos. Ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo., aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros.

Menos susceptibles al fragilizado debido al revenido que los demás aceros aleados para maquinaria.

Al combinarse con níquel y cromo soporta altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes.

Su contenido de níquel le da más templabilidad, lo mismo que la resistencia en caliente.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V
AISI 4340	0,35-0,40	0,20-0,35	0,60-0,80	0,04	0.04	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

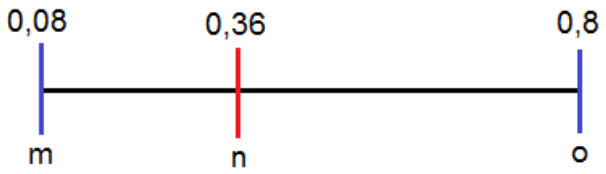
Combina alta resistencia mecánica (la mayor del mercado) con buena tenacidad. Este acero en forma standard es suministrado bonificado, por lo que no se requeriría luego un tratamiento térmico, sin embargo si se desea mejores propiedades, puede ser templado al aceite. Susceptible de temple por inducción y también puede someterse a tratamiento de nitrurado.

PROPIEDADES

Resistencia a la tracción	90-110 Kg/mm²
Esfuerzo de cedencia	70 Kg/mm²
Elongación, A5	min 12%
Reducción de área, Z	min 45 %
Resistencia al impacto, KU	Aprox. 20 J
Dureza	270-330 HB

Tabla 43. (continuación)

Propiedades mecánicas en condición de suministro. De acuerdo a DIN 17200 resp. SEW 550. Tolerancia DIN 1013 resp. DIN 7527/6			
APLICACIONES			
• *Partes de gran resistencia para la industria automotriz, como*: ejes, cardanes, cigüeñales, ejes de leva, tornillería de alta resistencia. • *Partes para la construcción de maquinaria de trabajo pesado como*: árboles para trituradoras, ejes de transmisión de grandes dimensiones, engranajes de temple por llama, inducción, o nitruración, barras de torsión, mandriles, portaherramientas. • *Aplicaciones donde se requiere la resistencia a la fatiga, como:* en la construcción de equipo pesado para camiones, aviones, equipo militar, etc.			
ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita**	61,11%
Tiempo de ataque:	1 minuto	**Perlita**	38,89%



$$\% \, Fase \, 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \, 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}36 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

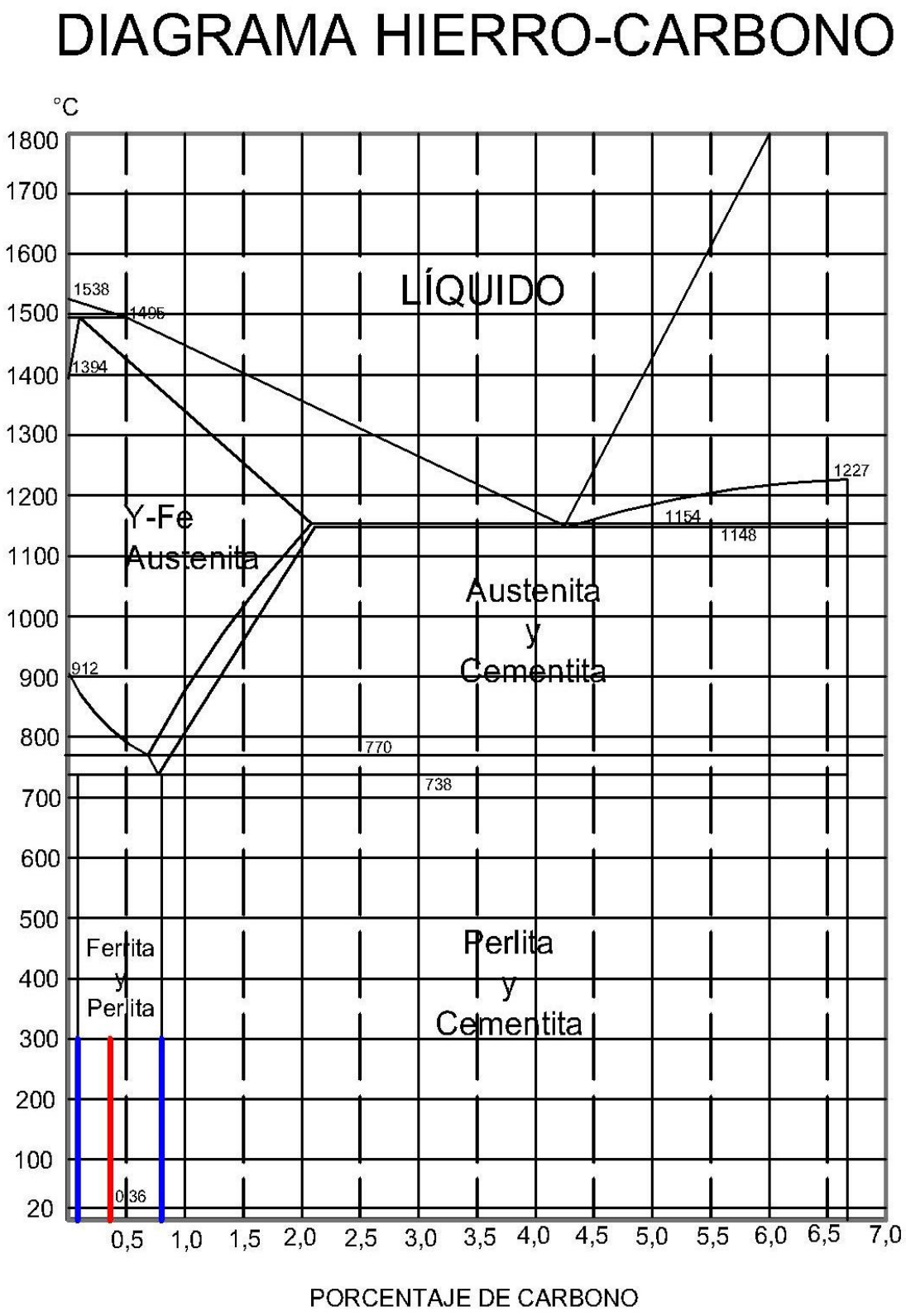
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}36}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 61{,}11$$

$$\% \, Perlita = 38{,}89$$

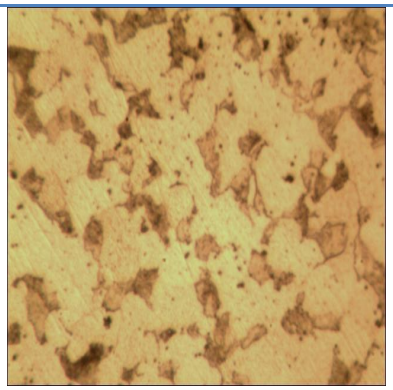
Fuente: Autores

Figura 75. Diagrama hierro-carbono material AISI 4340



Fuente: Autores

Tabla 44. Ficha identificación material SAE 1018

NOMBRE DEL MATERIAL:	SAE 1018	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	Eje de transmisión	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero de bajo contenido de carbono.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Mn	P	S
SAE 1018	0,15-0,20	0,60-0,90	0,004	0,005

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Factible de cementación con buena profundidad de penetración debido a su alto contenido de manganeso. Excelente soldabilidad

PROPIEDADES

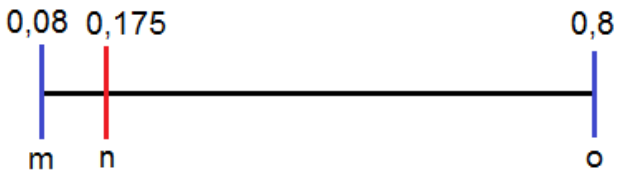
- Propiedades mecánicas, cuando se encuentra laminado en frío: esfuerzo de cedencia mínimo 31kg/mm^2.
- Resistencia a la tracción de 51-71 kg/mm^2.
- Dureza de 163 HB.

APLICACIONES

- Donde se requiera aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, pero con ciertos grados de tenacidad importantes, como por ejemplo: pernos y tuercas, piezas de máquinas pequeñas, ejes, bujes, pasadores, grapas, etc.

Tabla 44. (continuación)

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Reactivo	Nital 4	**Ferrita:**	86,81 %
Tiempo de Ataque	15 segundos	**Perlita:**	13,19 %



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}175 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

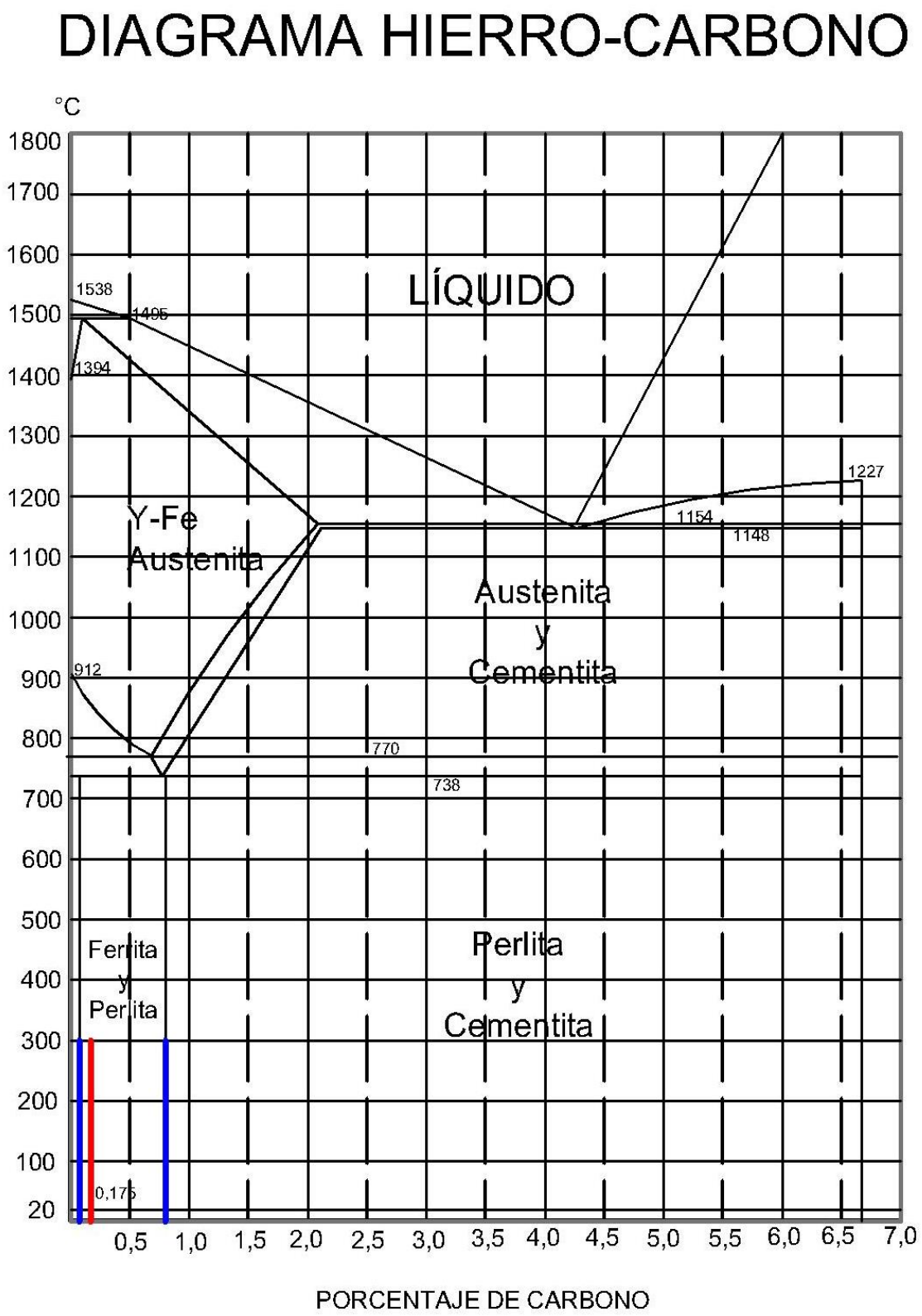
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}175}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 86{,}81$$

$$\% \, Perlita = 13{,}19$$

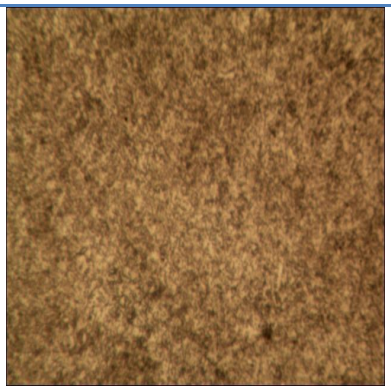
Fuente: Autores

Figura 76. Diagrama hierro-carbono material SAE1018



Fuente: Autores

Tabla 45.Ficha identificación material CALMAX

NOMBRE DEL MATERIAL:	CALMAX	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	Ninguna, acero patentado por Uddeholm y ASSAB INTERNACIONAL	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

Acero aleado al cromo, molibdeno-vanadio que se caracteriza por:

- Alta tenacidad (la más alta de los aceros de UDDEHOLM para herramientas)
- Buena resistencia al desgaste.
- Buenas propiedades de temple.
- Buena estabilidad dimensional durante el temple.
- Buena pulibilidad.
- Buena aptitud de temple a la llama y por inducción.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	W	V
CALMAX	0,60	0,35	0,80	4,50	0,50	0,20

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Temperatura ºC	20	200	400
Densidad Kg/m³	7770	7720	7700
Módulo de elasticidad N/mm²	194000	188000	170000
Coeficiente de dilatación térmica por ºC a partir de 20 ºC	$11{,}7x10^{-6}$	$12{,}0x10^{-6}$	$13{,}0x10^{-6}$

PROPIEDADES

- Calmax es un acero universal altamente aleado con alta tenacidad y buena resistencia al desgaste.
- El perfil de propiedades de Calmax hacen que sea un acero robusto para trabajo en frío indicado para corte y conformado.
- Dureza de suministro: 200 HB

Tabla. 45. (continuación)

APLICACIONES	

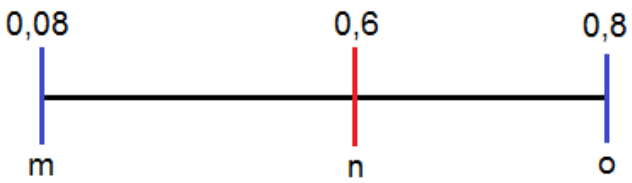
TRABAJO EN FRÍO

- Corte y conformado en general.
- Corte y conformado de chapa gruesa.
- Embutición profunda.
- Acuñado.
- Matrices de extrusión en frío de geometría complicada.
- Rodillos.
- Cizallas.

MOLDEADO DE PLÁSTICOS

- Moldes para largas series de producción.
- Moldes para plásticos reforzados.
- Moldes para moldeado por compresión.

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita**	27,78%
Tiempo de ataque:	30 segundos	**Perlita**	72,22%



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}6 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

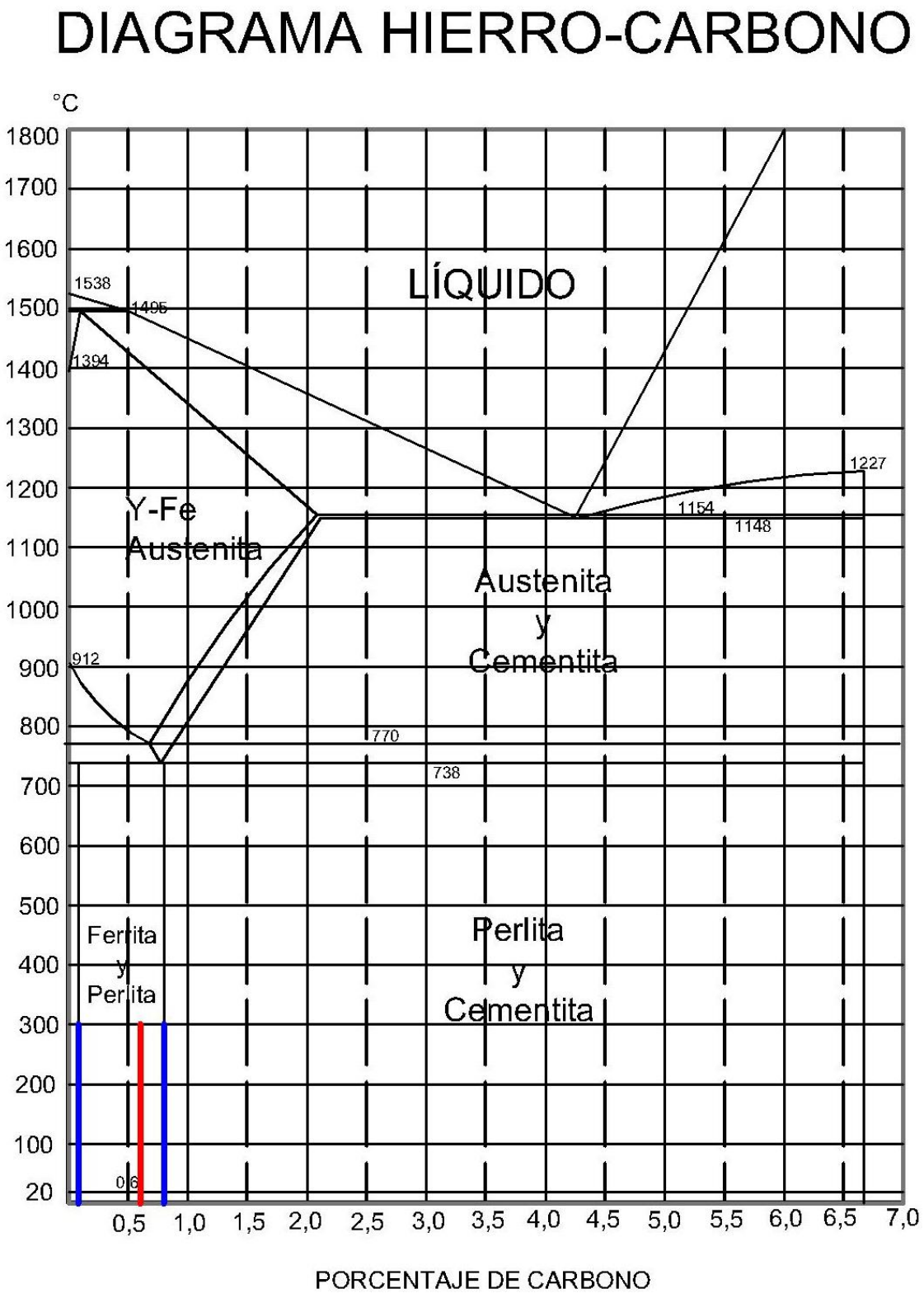
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}6}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$Ferrita = 27{,}78$$

$$\% \, Perlita = 72{,}22$$

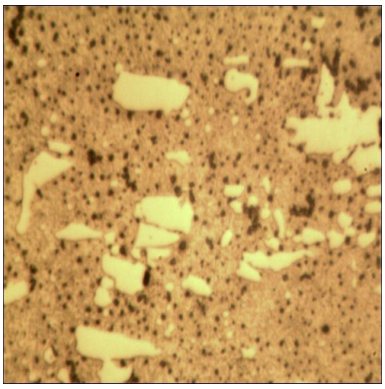
Fuente: Autores

Figura 77. Diagrama hierro-carbono material CALMAX



Fuente: Autores

Tabla 46.Ficha identificación material XW-41

NOMBRE DEL MATERIAL:	XW-41	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	AISI/SAE D2 DIN 165CrMoV12 W.Nr 1 2379 UNE F-5211 UDDEHOLM SVERKER 21	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

Acero para trabajo en frío, acero para herramientas con alto contenido de carbono y cromo aleado con molibdeno y vanadio.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
XW-41	1,55	0,3	0,4	11,8	0,8	0,8
AISI/SAE 8620	1,50	0,40	0,40	12,00	1,0	0,85

PROPIEDADES

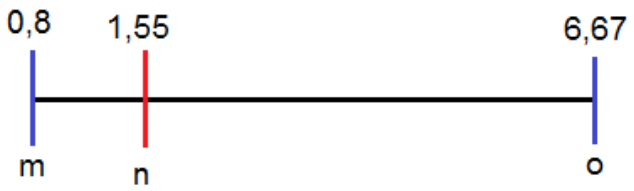
- Alta resistencia al desgaste
- Alta resistencia a la compresión
- Buenas propiedades de temple, tanto en el núcleo como en la superficie
- Excelente estabilidad en el temple, buena resistencia al revenido
- Dureza de suministro de 210 HB.

APLICACIONES

Se recomienda para herramientas que deben tener una resistencia muy alta al desgaste, combinada con una tenacidad moderada. Además de las aplicaciones relacionadas al XW, se utiliza para cortar materiales más gruesos y duros y en herramientas de dar forma expuestas a esfuerzos de flexión y cargas de impacto.

Tabla. 46 (continuación)

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Reactivo	Nital 4	**Perlita**	87,22 %
Tiempo de Ataque	30 segundos	**Cementita**	12,78 %



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{1{,}55 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

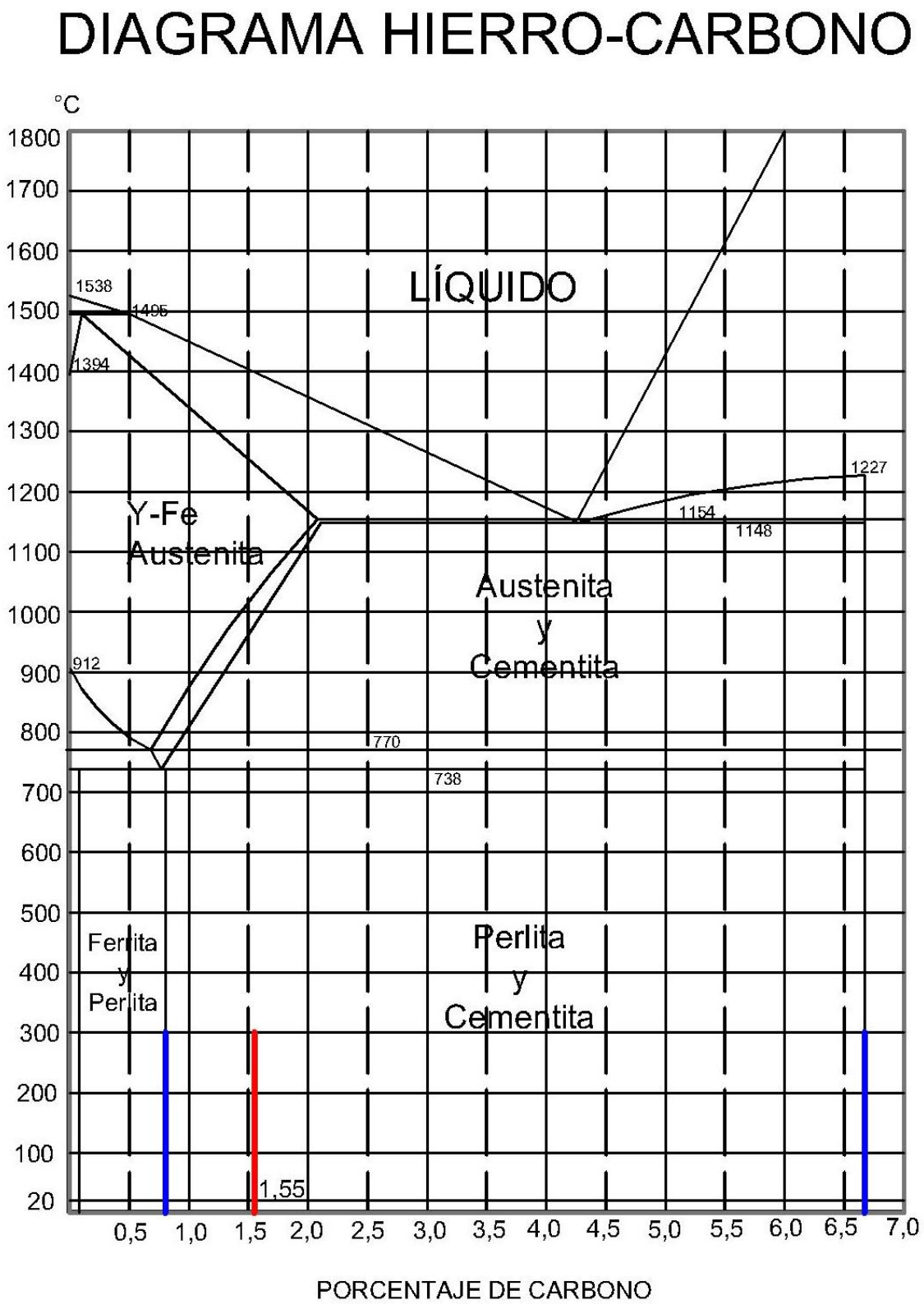
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 1{,}55}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 87{,}22$$

$$\% \, Perlita = 12{,}78$$

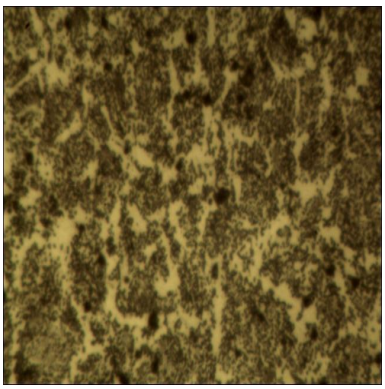
Fuente: Autores

Figura 78. Diagrama hierro-carbono material XW41



Fuente: Autores

Tabla 47. Ficha identificación material 760

NOMBRE DEL MATERIAL:	760	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	AISI 1045 SAE C1045 W.Nr 1,1820 DIN CK45	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

Acero al carbono sin alear de esmerada manufactura, con buena tenacidad.

Características en su alta uniformidad y rendimiento. Puede utilizarse en condición de suministro o con tratamiento térmico de temple y revenido. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	P	S
760	0,50	0,50	0,30	0,60	------	0,04
AISI 1045	0,45-0,50	0,43-0,50	-----	0,60-0,90	0,040	0.050

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Buena tenacidad, es decir; resistencia que opone el material a ser roto, molido, doblado, etc.
- Dureza de suministro aproximada: 200 HB.

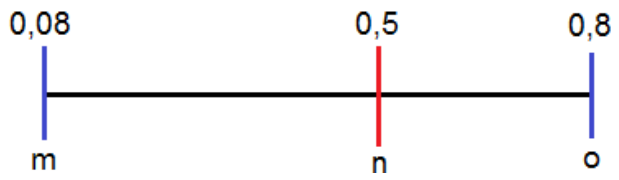
PROPIEDADES

Propiedades mecánicas

Resistencia a la tracción	65 Kg/mm²
Esfuerzo de cedencia	32 Kg/mm²
Elongación, A5	min 10 %
Reducción de área	40 %
Dureza	220-235 HB

Tabla 47. (continuación)

APLICACIONES			
Componentes sencillos como por ejemplo: • Pernos. • Chavetas. • Pieza de mediana resistencia para aplicación automotriz. • Ejes			
ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita:**	41,67%
Tiempo de ataque:	30 segundos	**Perlita:**	58,33%



$$\% \, Fase \, 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\% \, Fase \, 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\% Ferrita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}5-0{,}8}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

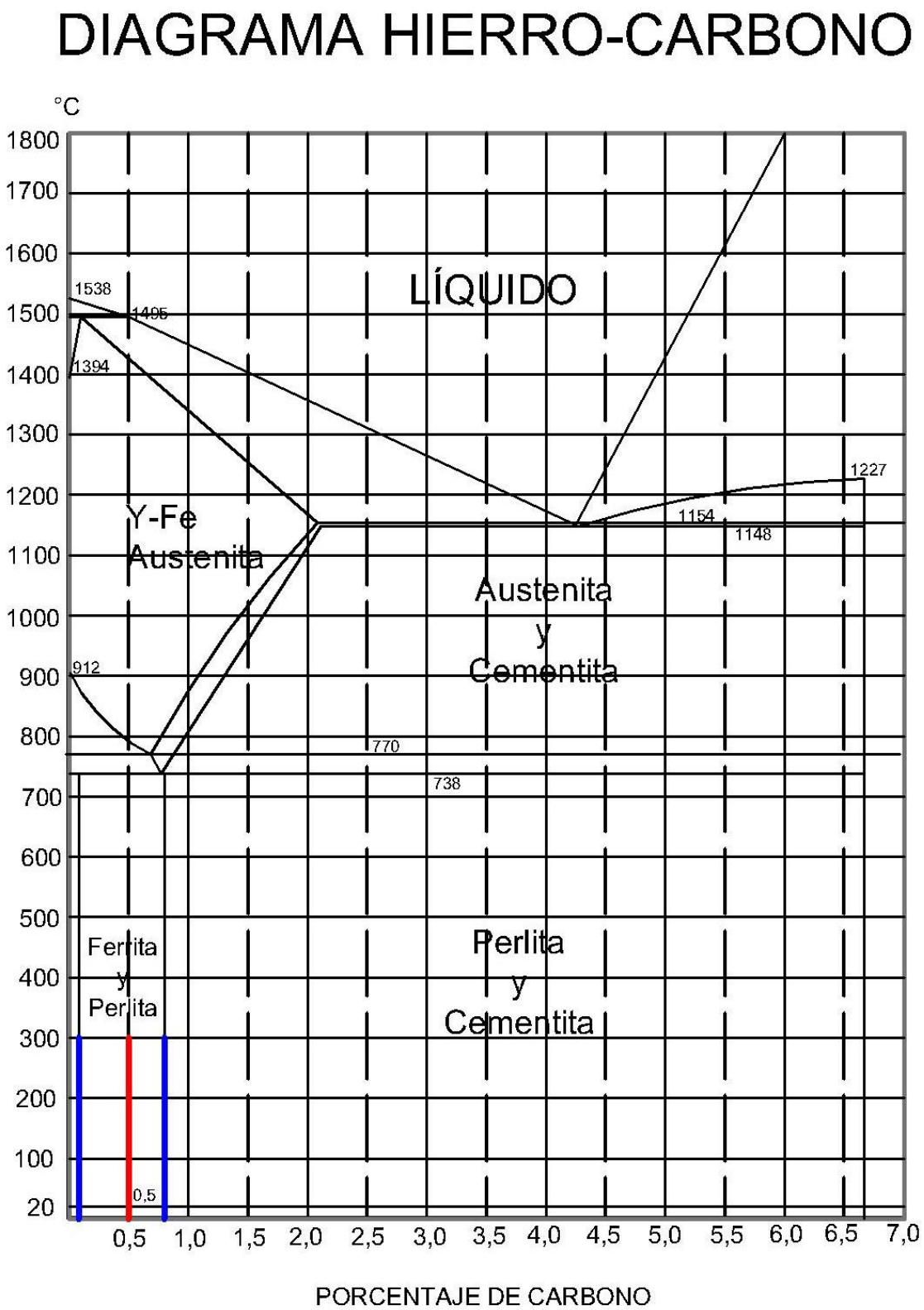
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08-0{,}5}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 41{,}67$$

$$\% \, Perlita = 58{,}33$$

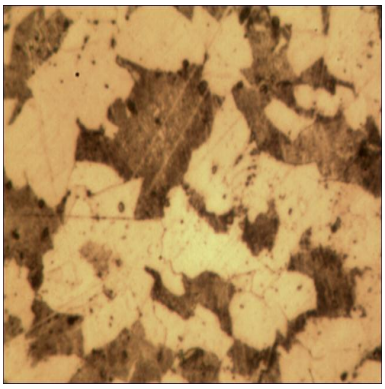
Fuente: Autores

Figura 79. Diagrama hierro-carbono material 760



Fuente: Autores

Tabla 48.Ficha identificación material barra perforada cementable

NOMBRE DEL MATERIAL:	BARRA PERFORADA	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	AFNOR 20MoV6 DIN St E-460 ASTM A381	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

El tubo mecánico es analizado con precisión y posee un bajo contenido de inclusiones no metálicas que permiten obtener:

- Elevada y uniforme capacidad de maquinado.
- Elevada resistencia a la fatiga.
- Propiedades uniformes de tratamiento térmico.
- Elevada soldabilidad.
- Bajo peso por metro.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	V
BARRA PERFORADA	0,15	0,25	0,90	0,80

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Acero microaleado de alta resistencia para aplicaciones más exigentes. A pesar de su ala resistencia, este acero puede ser mecanizado y soldado fácilmente con soldadura AWS E-7018. Puede también ser cementado, templado y sometido a revenido.

PROPIEDADES

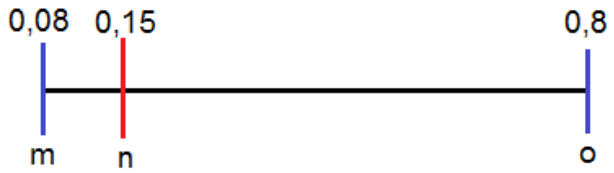
- Propiedades mecánicas: esfuerzo de cedencia 44-48 kg/mm2; resistencia a la tracción de 63-66 kg/mm2, y una dureza de 215 HB.

APLICACIONES

- La barra perforada se puede utilizar en la fabricación de bocines, pistas, para empatar funda de eje trasero de los automotores, columnas de taladros, ejes estriados huecos, anillos, etc.

Tabla 48. (continuación)

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Reactivo	Nital 4	**Perlita**	90,28 %
Tiempo de Ataque	1 minuto	**Cementita**	9,72 %



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}15 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

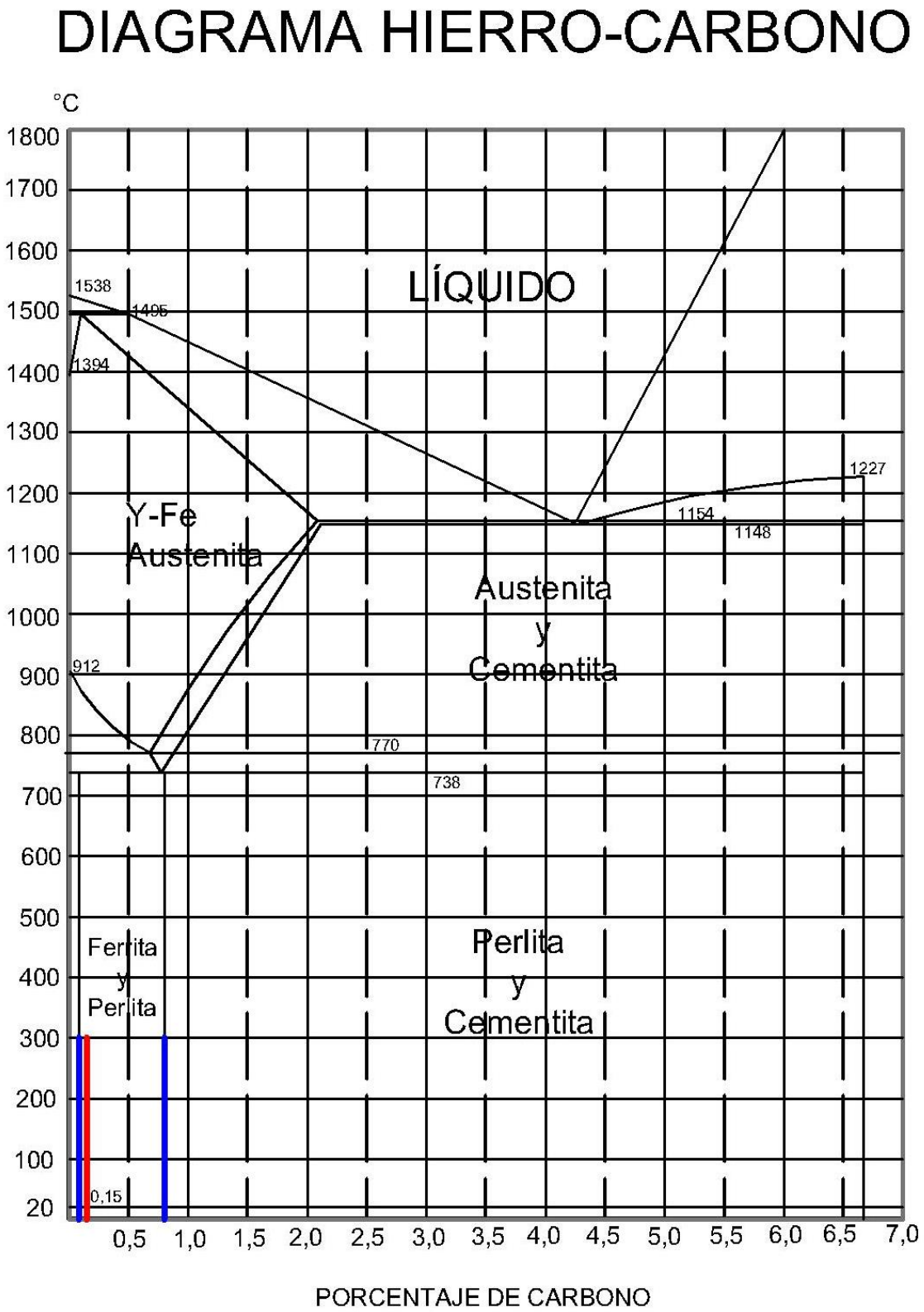
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}15}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 90{,}28$$

$$\% \, Perlita = 9{,}72$$

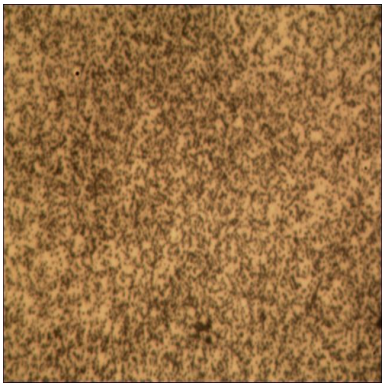
Fuente: Autores

Figura 80. Diagrama hierro-carbono material barrada perforada cementable



Fuente: Autores

Tabla 49.Ficha identificación material 8407

NOMBRE DEL MATERIAL:	8407	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	**AISI/SAE** H13 **DIN** X40CrMoV5 1 **W.Nr** 1,2344 **UNE** F-5318 **UDDEHOLM** ORVAR SUPREME	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

Es un acero aleado al cromo-molibdeno-vanadio que se caracteriza por:

- Buena resistencia a los choques y a la fatiga térmica.
- Buena tenacidad y ductibilidad en todas las direcciones.
- Buena maquinabilidad y excelente pulibilidad.
- Buenas propiedades de temple profundo.
- Buena estabilidad dimensional durante el temple.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
8407	0,39	1,0	0,40	------	-----	5,20	1,40	0,90
AISI/SAE H13	0,37-0,43	0,90-1,20	0,30-0,50		<0,030	4,80-5,50	1,20-1,50	0,90-1,10

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Resistente a grandes choques
- Dureza de suministro: 180 HB.

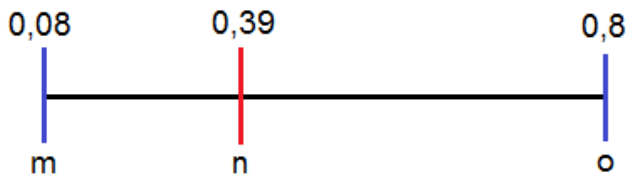
PROPIEDADES

Propiedades físicas a 45 HRC

Temperatura ºC	20	400	400
Densidad Kg/m³	7800	7700	7550
Módulo de elasticidad N/mm²	202500	175000	130000
Coeficiente de dilatación térmica por ºC a partir de 20 ºC	-	$12{,}6x10^{-6}$	$13{,}2x10^{-6}$

Tabla 49. (continuación)

APLICACIONES			
• Utillajes para fundición a presión: moldes, insertos, núcleos, piezas de canales de colada, boquillas, expulsores, pistones, manguitos, etc., para aleaciones de estaño, plomo, zinc, aluminio, magnesio y algunos tipos de aleaciones de cobre. • Utillajes para extrusión: matrices, piezas de apoyo, portamatrices, bujes de contenedores, discos de presión, vástagos, etc, para aleaciones de estaño, plomo, zinc, aluminio, magnesio, aleaciones de cobre y acero inoxidable. • Utillajes para estampación en caliente: para materiales como aluminio, magnesio, aleaciones de cobre y acero. • Moldes para plástico: moldes de inyección, de compresión y transferencia, con éxito debido a sus excelentes aptitudes de pulibilidad. • Otras aplicaciones: troquelado en frío exigente o corte de materiales muy gruesos, cizallado en caliente, anillos de contracción, piezas resistentes al desgaste con opción de nitrurado.			
ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita**	56,94%
Tiempo de ataque:	20 segundos	**Perlita**	43,06%



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}39 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

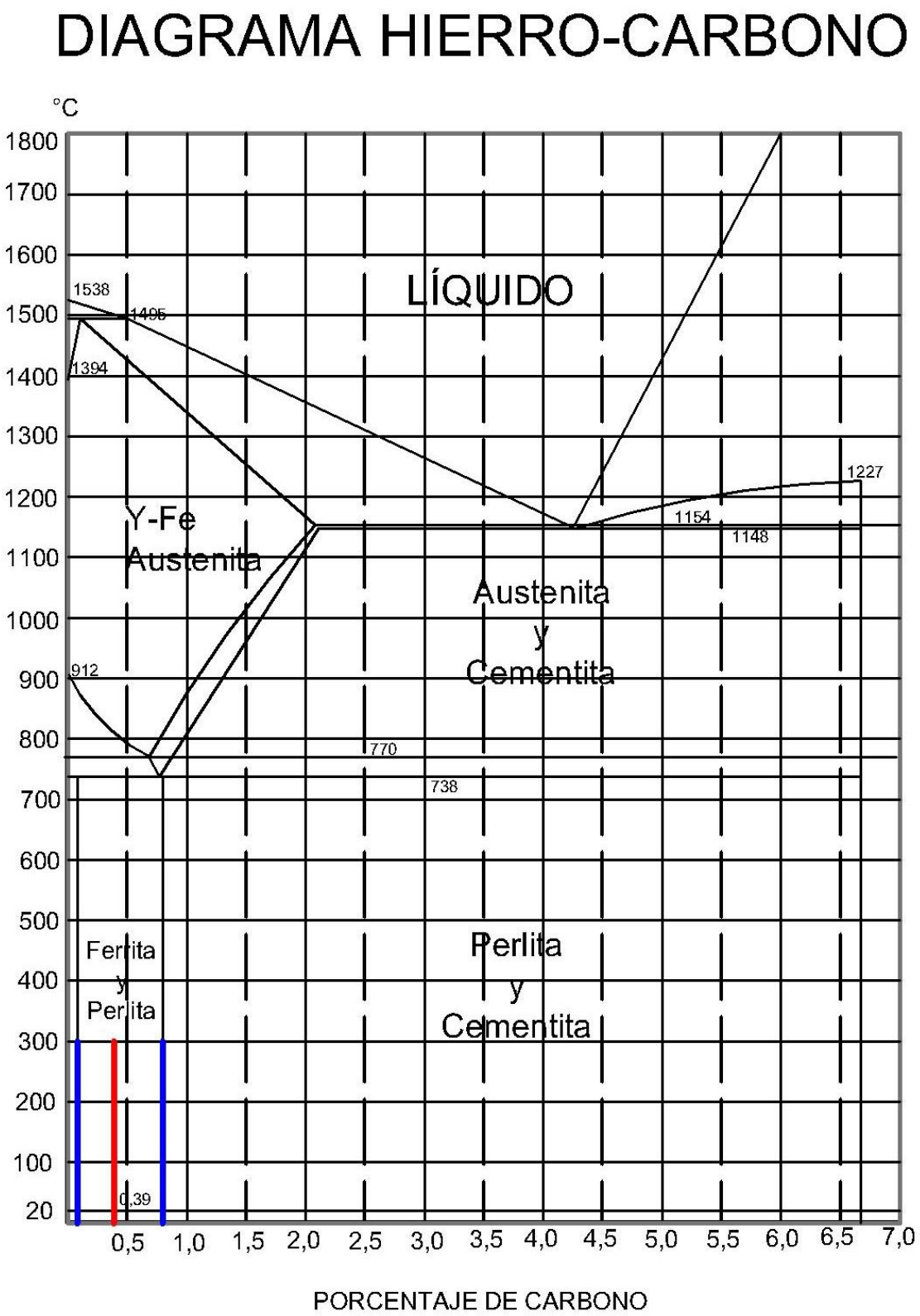
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}39}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 56{,}94$$

$$\% \, Perlita = 43{,}06$$

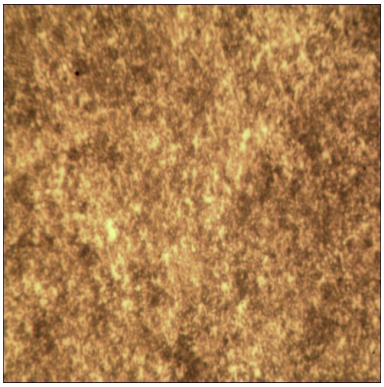
Fuente: Autores

Figura 81. Diagrama hierro-carbono material 8407



Fuente: Autores

Tabla 50.Ficha identificación material Df2

NOMBRE DEL MATERIAL:	DF2	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	AISI/SAE 01 DIN 100MnCrW4 W.Nr1 2510 UNE F-520 UDDEHOLM ARNE	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero para trabajo en frío, acero al manganeso-cromo-tugsteno, templable en aceite para uso general. Apto para una gran variedad de aplicaciones para trabajo en frío. Buena maquinabilidad, estabilidad dimensional del temple y buena combinación de dureza y tenacidad tras temple revenido.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	W	V
ASSAB DF2	0,90	-	1,20	0,50	0,50	0,10
AISI/SAE 01	0,85-0,95	0,20-0.40	1,00-1.30	0,40-0,60	0,40-0,60	0,20

PROPIEDADES

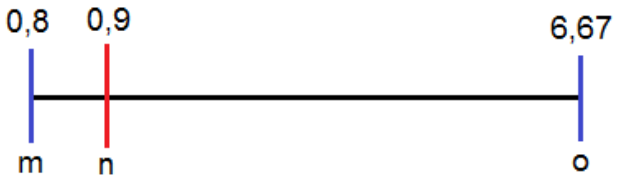
- Posee una dureza de 190 HB aproximadamente.

APLICACIONES

- Corte, cizallado, punzonado, troquelado, desbastado, tronzado.
- Cizallas para trabajar en frío, herramientas de tronzado y caliente; desbarbado para piezas de forja.
- Conformado: doblar, acuñar, embutición profunda, repujado y conformado por estirado.
- Troqueles pequeños de acuñar en frío, expulsores, brocas y machos de roscar de tamaño pequeño y mediano.

Tabla 50. (continuación)

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Reactivo	Nital 4	**Perlita**	98,30 %
Tiempo de Ataque	14 segundos	**Cementita**	1,70 %



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\% \, Cementita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{0{,}9-6{,}67}{0{,}8-6{,}67} * 100$$

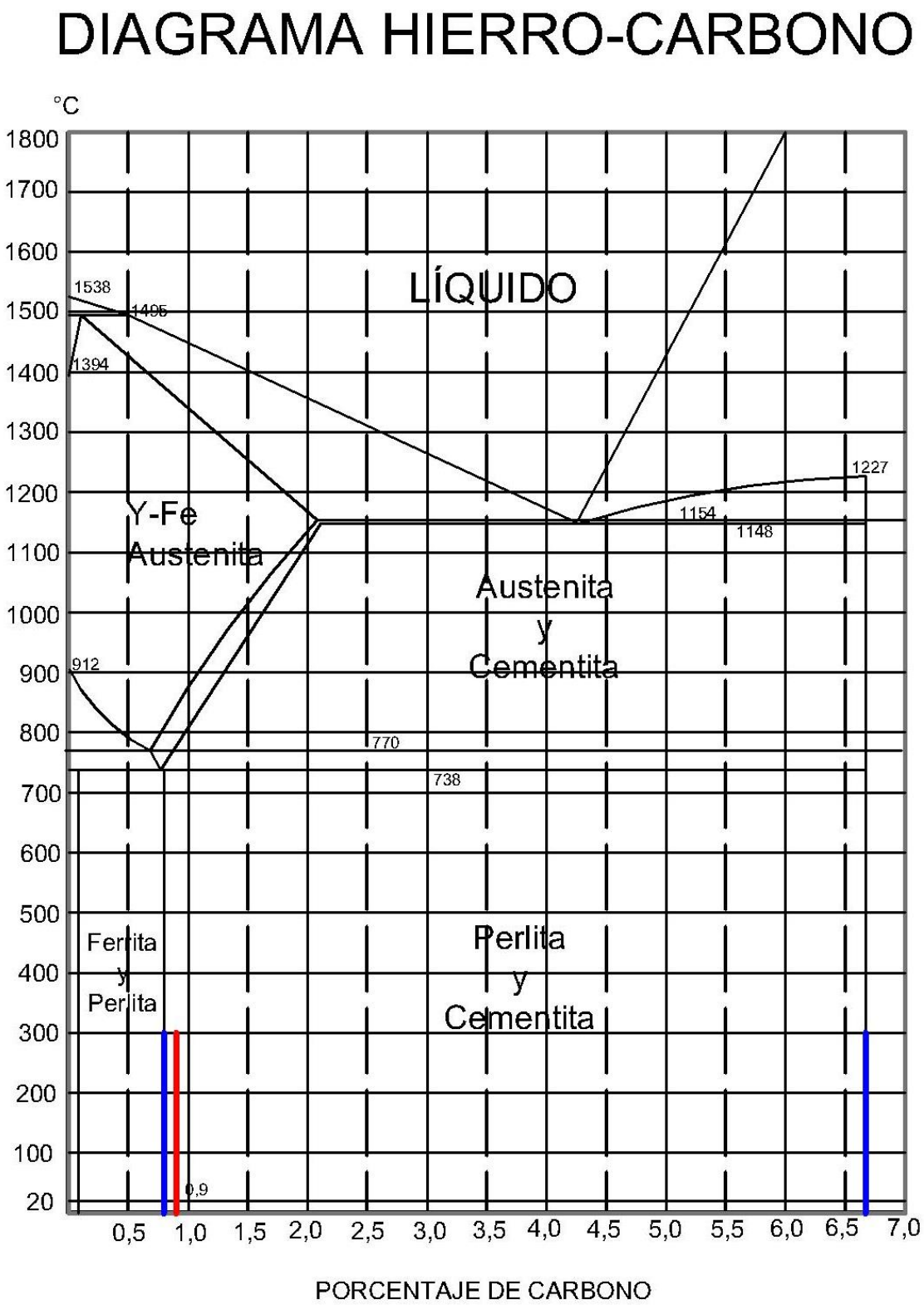
$$\% \, Cementita = \frac{0{,}8-0{,}9}{0{,}8-6{,}67} * 100$$

$$\% \, Perlita = 98{,}30$$

$$\% Cementita = 1{,}70$$

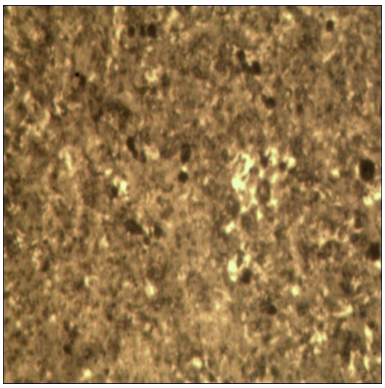
Fuente: Autores

Figura 82. Diagrama hierro-carbono material DF2



Fuente: Autores

Tabla 51. Ficha identificación material 705

NOMBRE DEL MATERIAL:	705	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	**DIN / EN:**< 1.3243 > HS6-5-2-5 **AISI:** M41 **UNS:** T11341 **BS:** BM35 **UNE:** F5613 ~ 6-5-2-5 **UNI:** HS6-5-2-5 **JIS:** SKH55 **SIS:** 2723 **AFNOR:** Z90WDKCV06-05-05-04-02	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

Acero rápido al tungsteno y molibdeno, con aleación de cobalto. Particularmente satisfactorio para herramientas de corte en las que se requiere mantenimiento de filo y gran tenacidad con buena resistencia al desgaste y mantenimiento de dureza al rojo. Hay también la calidad excepcional ISORAPID para herramientas de máximo rendimiento.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Co
705	0,92	0,40	0,30	4,10	5,00	1,90	6,20	4,80

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

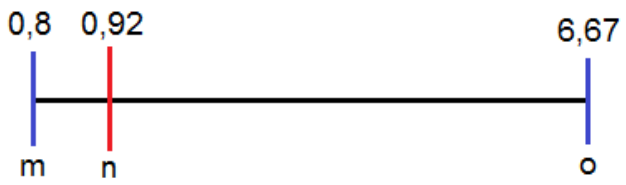
Su composición y subsecuente tratamiento térmico aseguran que la dureza de la capa exterior del material alcanzará los 80/85° shore `C', con una dureza uniforme a lo largo de su vida útil. Pueden ejecutarse cortes a alta velocidad sin que se afecte apreciablemente el filo de la herramienta.

PROPIEDADES

- Con excelentes propiedades de corte, gran dureza en caliente y elevada tenacidad.
- Forjado: 1100 a 900°C, enfriamiento lento en el horno o en material termoaislante.
- Tienen muy buena resistencia al desgaste a altas temperaturas de laminación.
- Elevada resistencia al revenido.

Tabla 51. (continuación)

APLICACIONES			
• Fresas • Brocas • Espirales • Machos de roscar • Herramientas para brochar y escariar • Herramientas para trabajar madera, herramientas para trabajar en frío. • Cuchillas de todo tipo de tornos y de cepillar.			
ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Tipo de reactivo:	HCl	**Perlita**	97,96%
Tiempo de ataque:	1 minuto	**Cementita**	2,04%



$$\%\,Fase\ 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\,Fase\ 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%Perlita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\,Cementita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%\,Perlita = \frac{0{,}92-6{,}67}{0{,}8-6{,}67} * 100$$

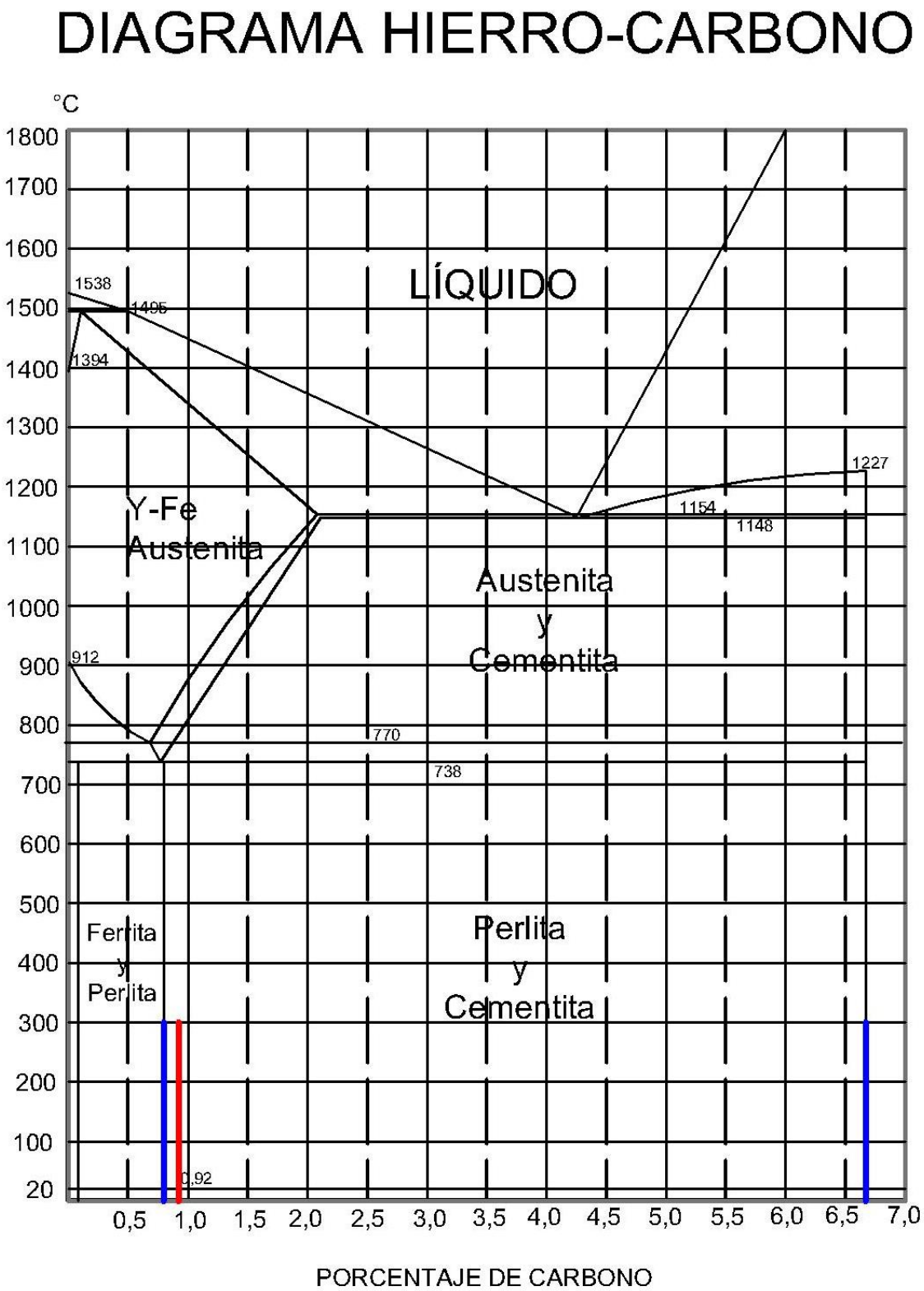
$$\%\,Cementita = \frac{0{,}8-0{,}92}{0{,}8-6{,}67} * 100$$

$$\%\,Perlita = 97{,}96$$

$$\%Cementita = 2{,}04$$

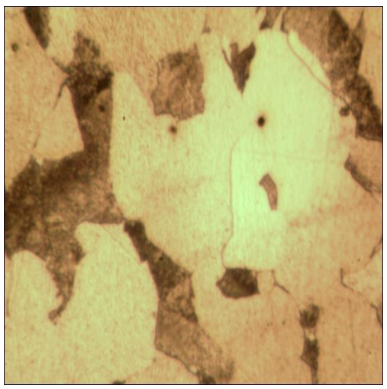
Fuente: Autores

Figura 83. Diagrama hierro-carbono material 705



Fuente: Autores

Tabla 52.Ficha identificación material E920

NOMBRE DEL MATERIAL:	E920	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	AISI 1020 DIN CK-15 W N° 1.1141	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero de cementación no aleado para piezas pequeñas exigidas principalmente al desgaste y donde la dureza del núcleo no sea importante.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn
E920	0,17	0,25	0,70

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Buena soldabilidad, color de identificación blanco, estado de suministro trefilado 11 y largo estándar de 6 m.

PROPIEDADES

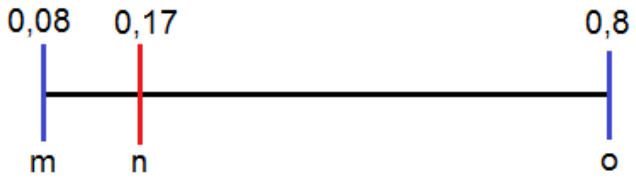
- Dureza 143 HB.
- Límite de fluencia de 235 N/mm^2
- Resistencia a la tracción de 410-520 N/mm^2

APLICACIONES

- Levas, uniones, bujes, pines, pivotes, partes prensadas o troqueladas, pernos grado 2, ejes de transmisión con baja exigencia al torque.

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Reactivo	Nital 4	**Perlita**	87,50 %
Tiempo de Ataque	25 segundos	**Cementita**	12,50 %

Tabla 52. (continuación)



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}17 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

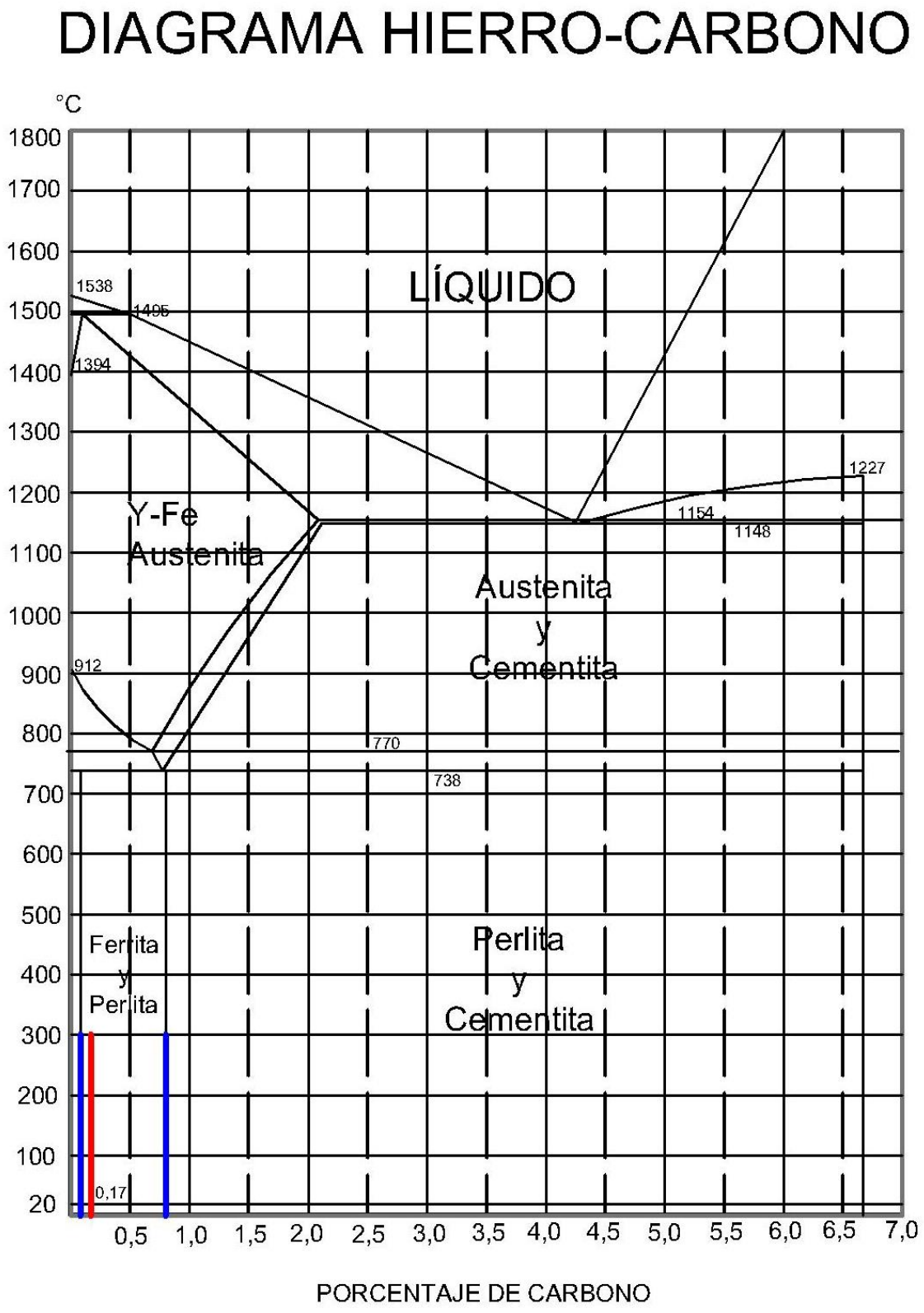
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}17}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 87{,}50$$

$$\% \, Perlita = 12{,}50$$

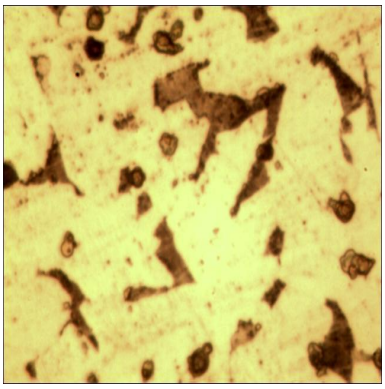
Fuente: Autores

Figura 84. Diagrama hierro-carbono material E920



Fuente: Autores

Tabla 53.Ficha identificación material SAE 1010

NOMBRE DEL MATERIAL:	SAE 1010	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	ASTM-29 AISI/SAE 1010	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero de bajo carbono de aplicaciones diversas.

Se seleccionan en piezas cuyo requisito primario es el conformado en frío.

Son adecuados para soldadura y para brazing. Su maquinabilidad se mejora mediante el estirado en frío. Son susceptibles al crecimiento del grano, y a fragilidad y rugosidad superficial si después del formado en frío se los calienta por encima de 600ºC.

Sus formas de suministro son: Palanquillas, barras, rollos en estado laminado o productos estirados

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Mn	P	S	Si
SAE 1010	0,08-0,13	0,30-0,60	0-0,040	0-0,050	0,15-0,35

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Límite de rotura Kg/mm²	39
Límite de fluencia Kg/mm²	25
Alargamiento %	35
Estricción %	55
Nº de dureza brinell	110

PROPIEDADES

- La maquinabilidad del acero 1010 es aceptablemente buena, especialmente cuando ha sido trabajado en frío.
- El acero 1010 puede ser soldado por todas las técnicas estándares de soldadura.
- La conformabilidad del acero 1010 es buena. La aleación tiene una buena ductilidad y es fácilmente conformado por métodos convencionales.
- La forja puede ser hecha en el rango de 2300 F a 1800 F.

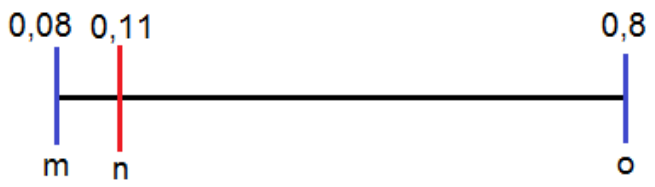
Tabla 53. (continuación)

- La aleación puede ser trabajada en caliente en el rango de 900 F a 200 F.
- Este es un acero de relativamente baja resistencia, la que se puede incrementar por temple y revenido.
- Endurece por trabajo en frío o tratamiento térmico.

APLICACIONES	

- Los aceros al bajo carbono, como el 1010, son usados para aplicaciones tales como remaches de cabeza formada en frío y pernos.
- Como semiflecha se emplea en la fabricación de ganchos para sistemas de transportación de piezas, soportes de sujeción para sistemas de escape automotrices y aplicables de estantería en general.
- En la presentación de alambre en rollo, su destino principal es la fabricación de clavo vía procesos de cabeceado en frío, y elaboración de herramientas de decoración para la industria de calzado y marroquería.

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita**	95,83%
Tiempo de ataque:	25 segundos	**Perlita**	4,17%



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\% Ferrita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}11-0{,}8}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

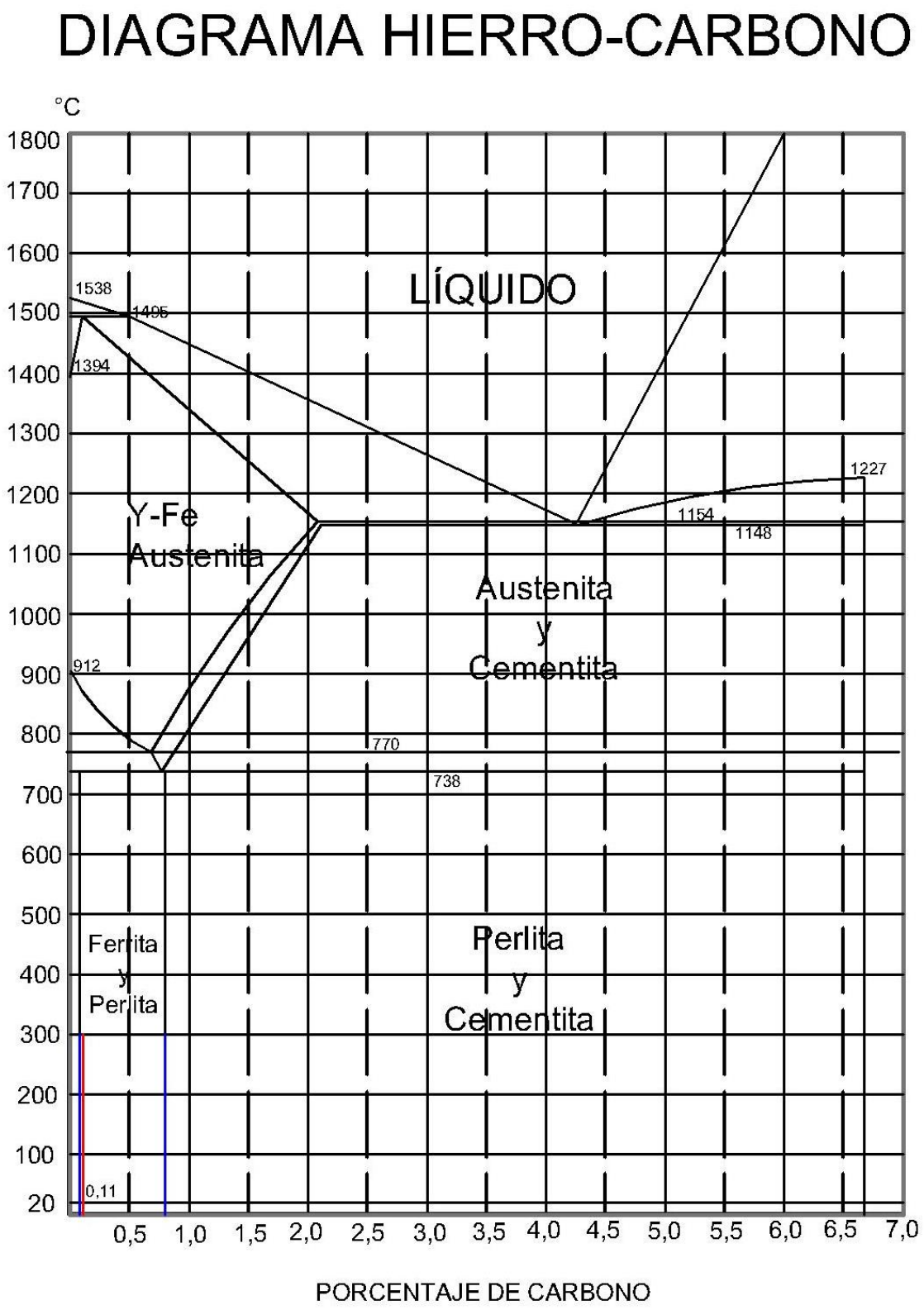
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08-0{,}11}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 95{,}83$$

$$\% \, Perlita = 4{,}17$$

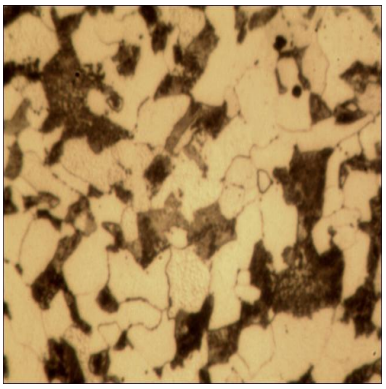
Fuente: Autores

Figura 85. Diagrama hierro-carbono material SAE 1010



Fuente: Autores

Tabla 54.Ficha identificación material E410

NOMBRE DEL MATERIAL:	E410	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	AISI 5115 DIN 16MnCr5 No. Mat 1,7131	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero de cementación de Cr-Mn para piezas de construcción mecánica resistentes al desgaste de sección media y altamente exigidas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	P	S
E410	0,17	0,3	1,2	0,90	-	0,03
AISI 5115	0,14-0,19	0,15-0,40	1,00-1,30	0,80-1,10	0,035	0,035

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Acero templado cromo-manganeso-aleado.

PROPIEDADES

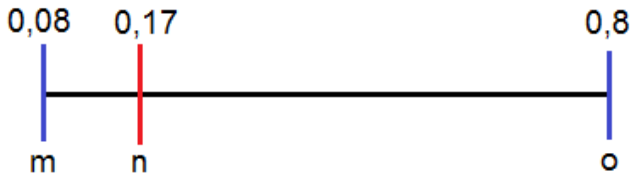
- Dureza máx. HB 207.

APLICACIONES

- En la fabricación de repuestos para automotores y maquinaria por ejemplo: bielas, bujes, engranajes, piñones, ejes sin fin, piezas de dirección, émbolos, etc.
- Toda clase de maquinaria y repuestos sometidos a esfuerzos dinámicos y desgaste mecánico.
- Herramientas q exigen alta dureza superficial y núcleo tenaz.

ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Reactivo	Nital 4	**Ferrita**	87,50 %
Tiempo de Ataque	10 segundos	**Perlita**	12,50 %

Tabla 54. (continuación)



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}17 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

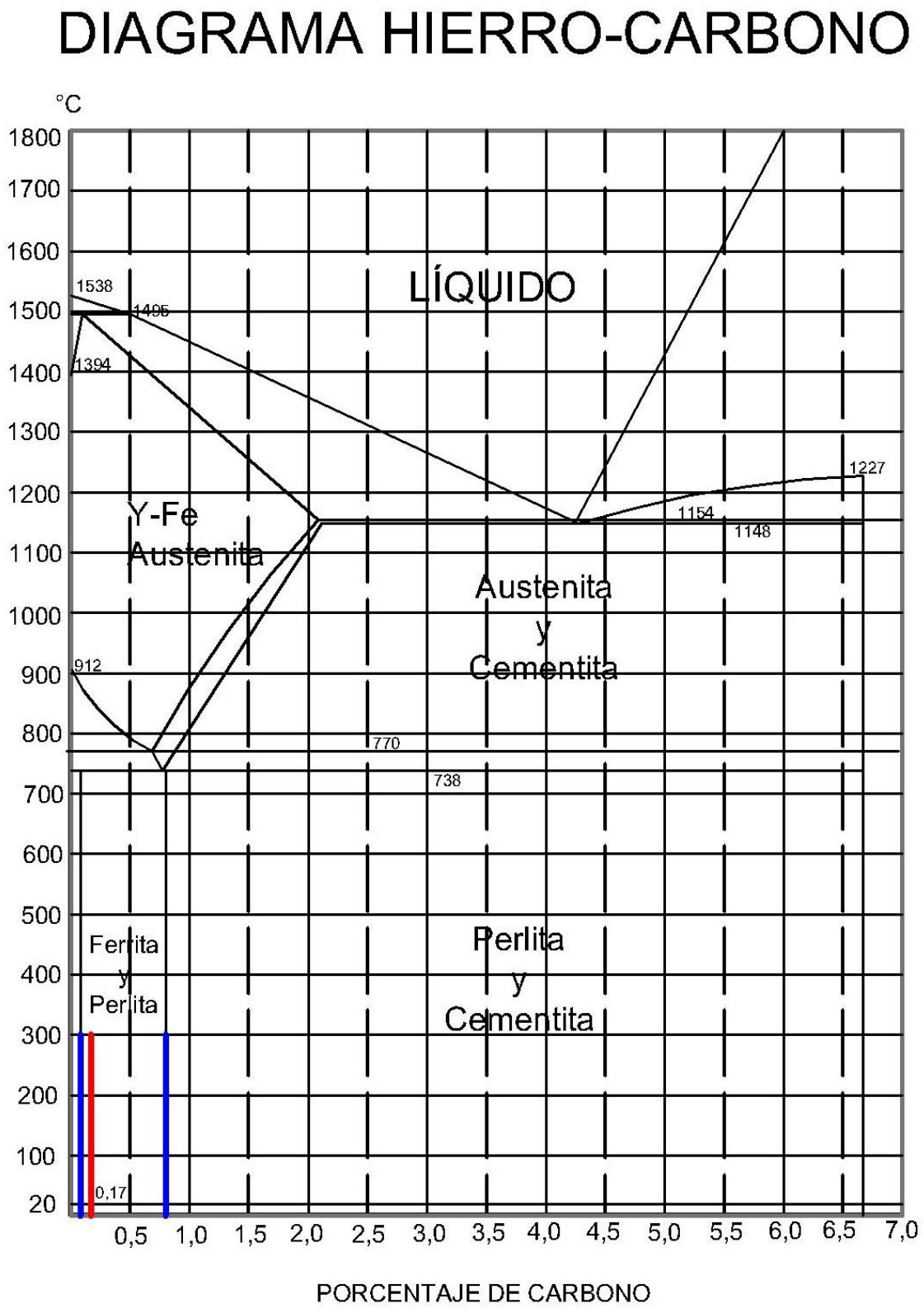
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}17}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 87{,}50$$

$$\% \, Perlita = \; 12{,}50$$

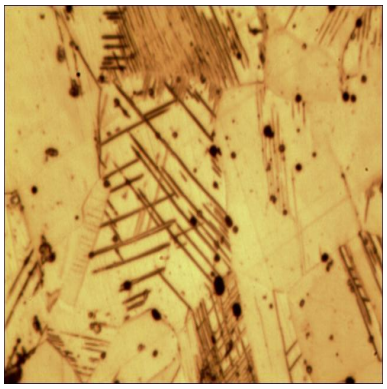
Fuente: Autores

Figura 86. Diagrama hierro-carbono material E410



Fuente: Autores

Tabla 55. Ficha identificación material A604

NOMBRE DEL MATERIAL:	A604	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	AISI 304 DIN X2CrNi9-11	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero inoxidable austenítico al Cr-Ni con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión inter-cristalina hasta 350°. No es necesario un tratamiento térmico después de la soldadura. Resiste a la influencia del medio ambiente, vapor, agua, y ácidos así como los de soluciones básicas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	Ni
A604	Max 0,03	0,50	1,40 Max.	18,50	9,50

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Superficie requerida: decapado.

PROPIEDADES

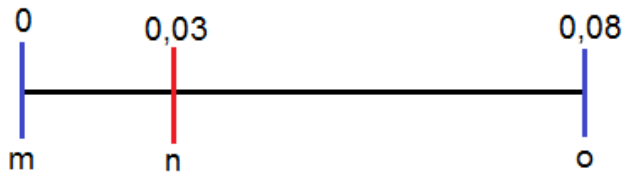
- Maleable en frío capaz de recibir pulimiento de alto brillo.

APLICACIONES

- En la industria del ácido nítrico.
- Industria química y farmacéutica.
- Instalaciones nucleares.

ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Reactivo	HCl	**Sin Fase**	62,50 %
Tiempo de Ataque	30 segundos	**Ferrita**	37,50 %

Tabla 55 (continuación)



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Sin \; Fase = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Sin \; Fase = \frac{0{,}03 - 0{,}08}{0{,}0 - 0{,}08} * 100$$

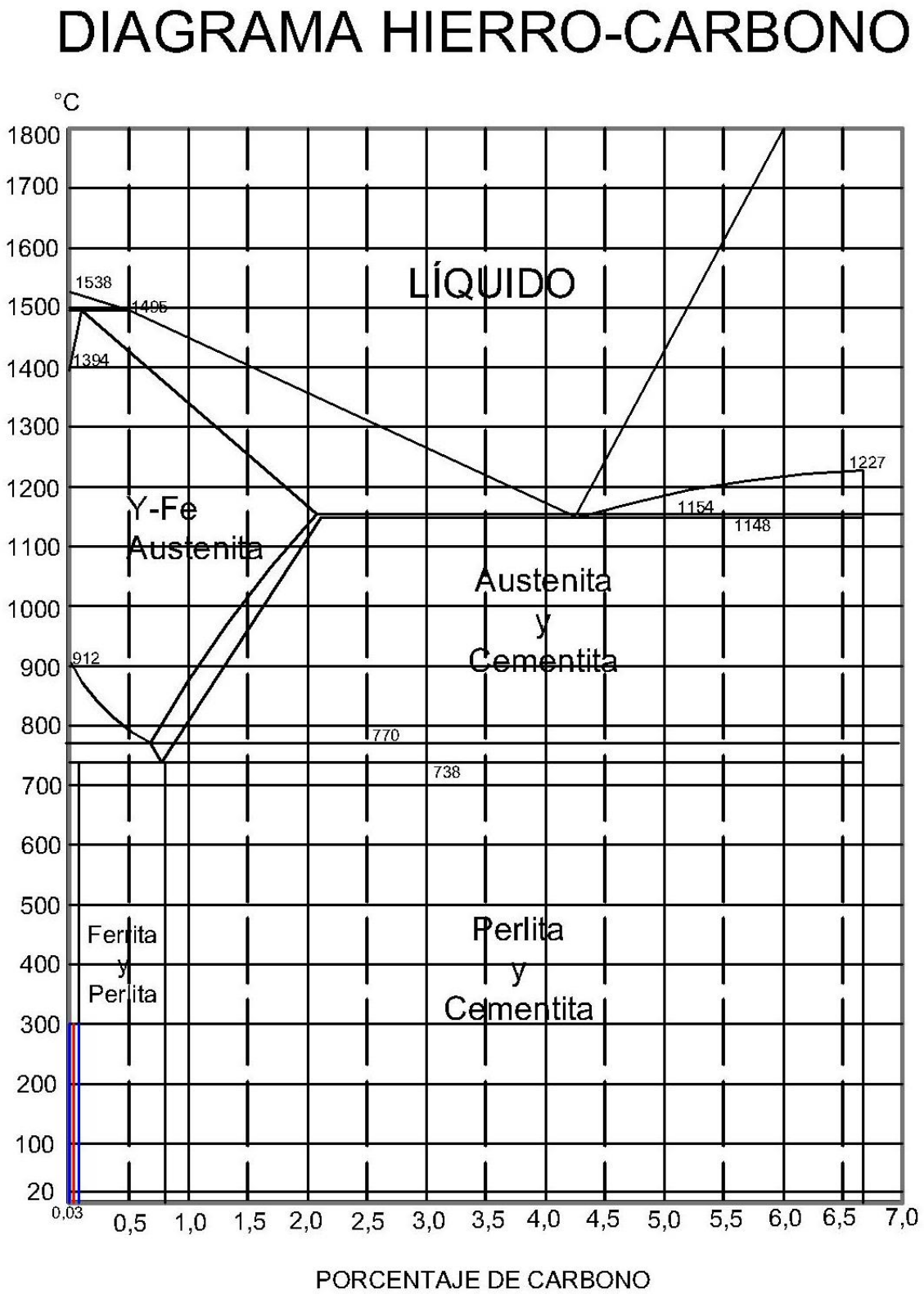
$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}08 - 0{,}15}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Sin \; Fase = 62{,}50$$

$$\% \, Ferrita = 37{,}50$$

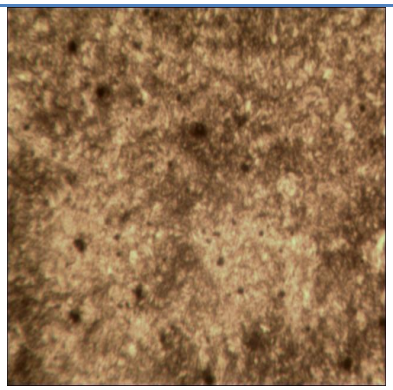
Fuente: Autores

Figura 87. Diagrama hierro-carbono material A604



Fuente: Autores

Tabla 56.Ficha identificación material V155

NOMBRE DEL MATERIAL:	V155	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	DIN 34CrNiMo6	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero bonficado al Cr-Ni-Mo. Especialmente apto donde sea necesario altas exigencias de resistencia a la torsión y tenacidad en secciones grandes.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
V155	0,30-0,38	<=0,40	0,5-0,8	0,035	0,035	1,3-1,7	1,3-1,7	0,15-0,3

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Acero para construcción mecánica bonificado.

PROPIEDADES

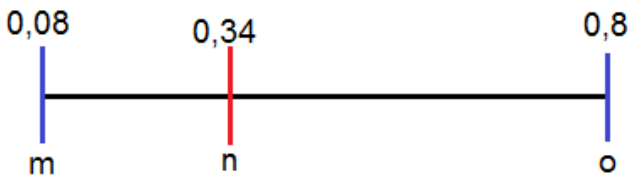
- Gracias a su contenido de molibdeno es insensible a la fragilidad del revenido.

APLICACIONES

- Partes y piezas en la fabricación de partes de aviones, automotores pesados.
- Construcción de maquinaria como por ejemplo: ejes, para hélices, bielas, árboles de transmisión, cigüeñales, chasises.
- Grandes piezas como rotores, ejes y árboles volantes, discos, portamoldes, etc.

ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Reactivo	Nital 4	**Ferrita**	63,89 %
Tiempo de Ataque	30 segundos	**Perlita**	36,11 %

Tabla 56. (continuación)



$$\% \, Fase \, 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \, 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}34 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

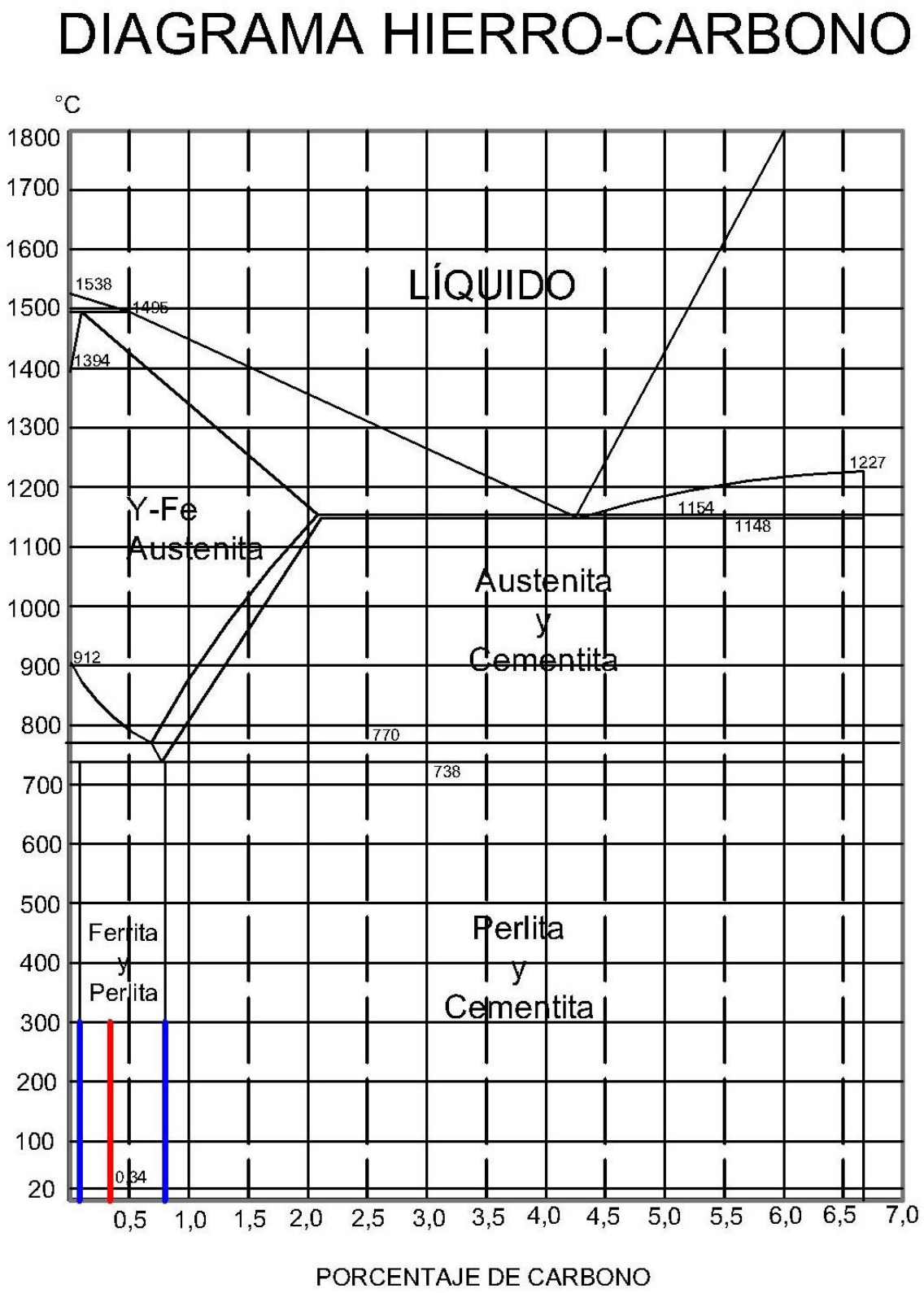
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}34}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 63{,}8$$

$$\% \, Perlita = 36{,}11$$

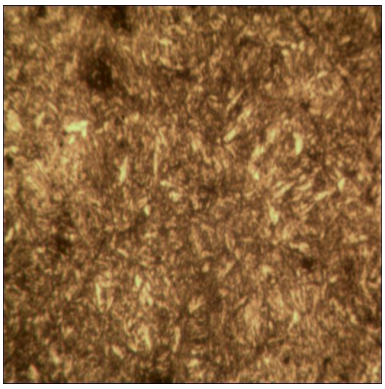
Fuente: Autores

Figura 88. Diagrama hierro-carbono material V155



Fuente: Autores

Tabla 57.Ficha identificación material V320

NOMBRE DEL MATERIAL:	V320	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	DIN 42CrMo4	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero para construcción mecánica bonificado. Utilizando aceros aleados es posible fabricar piezas de gran espesor, con resistencia s muy elevadas en el interior de las mismas. En elementos de máquinas y motores se llegan a alcanzar grandes durezas con gran tenacidad

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
V320	0,38-0,45	≤10,40	0,60-0 90	0,035	0,035	0,90-1,20	0,15-0,30

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Se pueden construir herramientas que realicen trabajos muy forzados y que a pesar de calentarse no pierden dureza.
- Es posible preparar troqueles de formas muy complicadas que no se deformen ni agrieten en el temple.

PROPIEDADES

- Altas propiedades de tenacidad
- Gracias a su contenido de Mo es insensible a la fragilidad por revenido.
- Buena maquinabilidad
- Templable superficialmente.
- Alta resistencia.

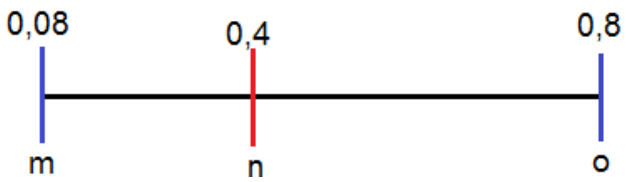
APLICACIONES

- Cañones para escopetas de caza.
- Partes y piezas en la fabricación de vehículos: cajas de cambio, motoreductores y motores.
- Repuestos de maquinaria, por ejemplo:

Tabla 57. (continuación)

- Cigüeñales
- Ejes de la bomba y la unidad
- Ejes intermedios
- Ejes de dirección
- Bielas
- Columnas
- Postes.

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita**	55,56%
Tiempo de ataque:	20 segundos	**Perlita**	44,44%



$$\%\,Fase\ 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\,Fase\ 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%Ferrita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$Perlita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%\,Ferrita = \frac{0{,}4-0{,}8}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

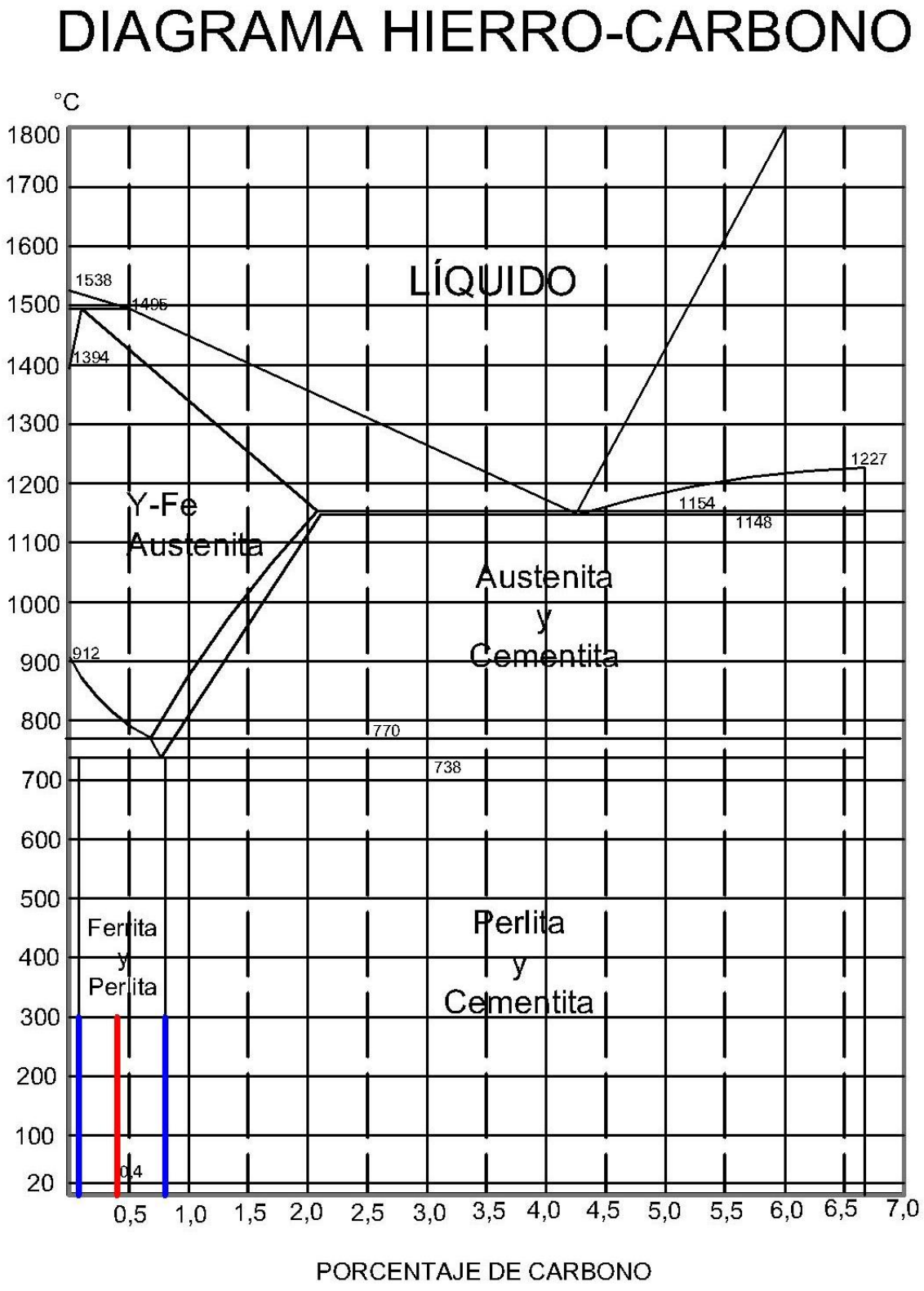
$$\%\,Perlita = \frac{0{,}08-0{,}4}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

$$\%\,Ferrita = 55{,}56$$

$$\%\,Perlita = 44{,}44$$

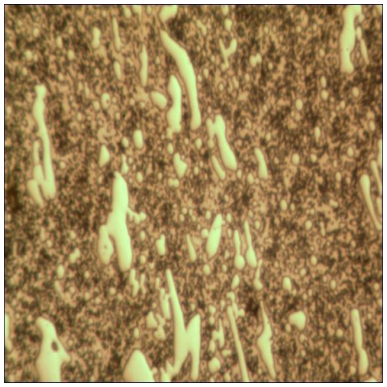
Fuente: Autores

Figura 89. Diagrama hierro-carbono material V320



Fuente: Autores

Tabla 58.Ficha IdentificaciónmaterialK100

NOMBRE DEL MATERIAL:	K100	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	AISI D3 DIN X210Cr12 No. Mat. 1,2080	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero para trabajos en frío.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr
K100	2,00	0,25	0,35	11,50

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- ✓ Se caracteriza por su mínima variabilidad dimensional.

PROPIEDADES

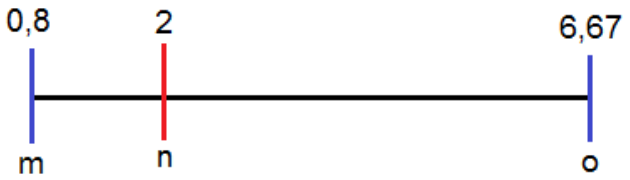
- Marca estándar de los aceros ledeburíticos al 12% de cromo.

APLICACIONES

- Herramientas de corte y estampación.
- Herramientas de virutamiento.
- Herramientas sin virutamiento.
- Herramientas y componentes expuestos al desgaste.

ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Reactivo	Nital 4	**Perlita**	79,56 %
Tiempo de Ataque	10 segundos	**Cementita**	20,44 %

Tabla 58. (continuación)



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Cementita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{2{,}00 - 6{,}67}{0{,}8 - 6{,}67} * 100$$

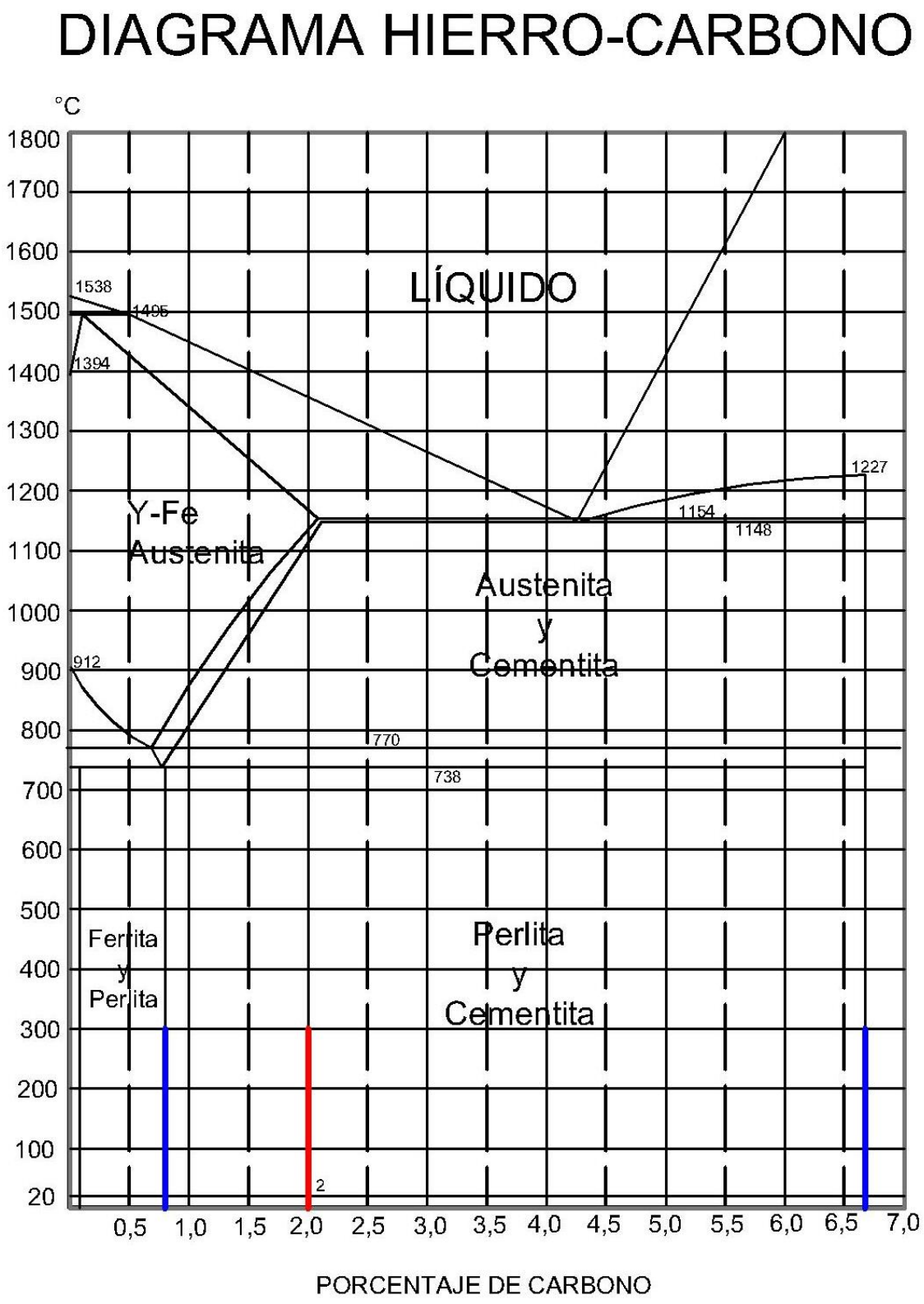
$$\% \, Cementita = \frac{0{,}08 - 0{,}15}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Perlita = 79{,}56$$

$$\% Cementita = 20{,}44$$

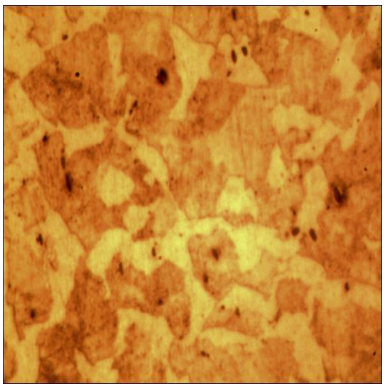
Fuente: Autores

Figura 90. Diagrama hierro-carbono material K100



Fuente: Autores

Tabla 59.Ficha identificación material V945

NOMBRE DEL MATERIAL:	V945	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	DIN 20MnV	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero para construcción mecánica no aleado. Estos aceros se utilizan con todo éxito a las temperaturas comunes y en atmosferas que no son altamente corrosivas, pero su templabilidad relativamente baja, limita la resistencia que puede obtenerse, excepto en secciones regularmente delgadas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn
V945	0,45	0,30	0,70

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Muestran una marcada suavidad con el incremento de la temperatura. Este comportamiento disminuirá su aplicación para piezas que requieren dureza por arriba de la temperatura ambiente.

PROPIEDADES

- Bien mecanizable
- Excelente soldabilidad
- Poco endurecimiento superficial

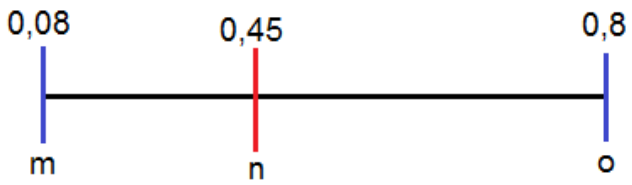
APLICACIONES

- Partes y piezas de pequeña sección de baja resistencia así como grandes componentes en estado normalizado.
- Maquinaria y herramientas como:
    - Hachas
    - Columnas
    - Elementos de acoplamiento
    - Pistones y bastidores
    - Ejes

Tabla 59. (continuación)

- Bielas
- Cremalleras
- Barras de tracción
- Placas base
- Herramientas de cuerpo de metal duro

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita**	48,61%
Tiempo de ataque:	45 segundos	**Perlita**	51,39%



$$\% \, Fase \, 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \, 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}45 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

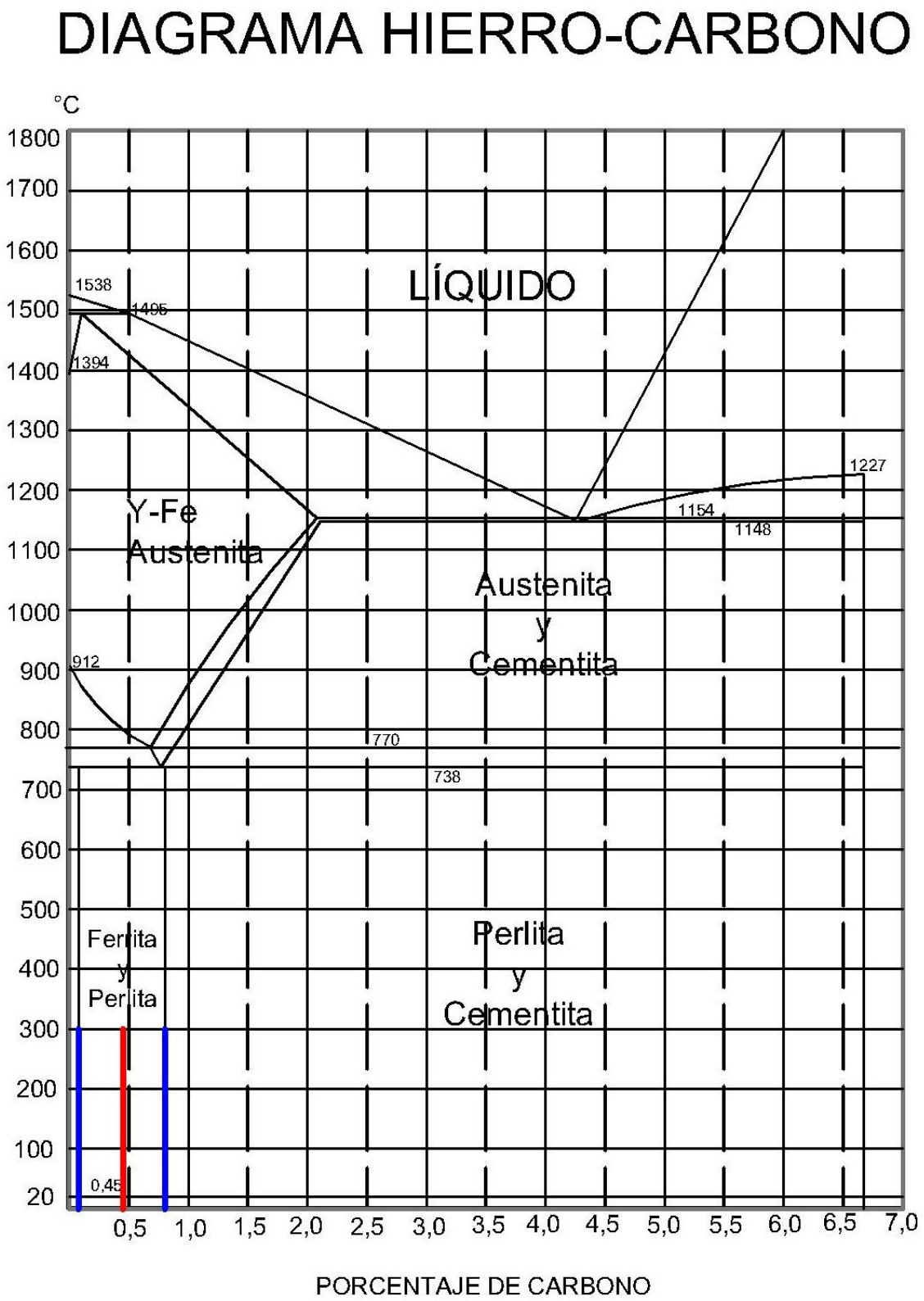
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}45}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 48{,}61$$

$$\% \, Perlita = 51{,}39$$

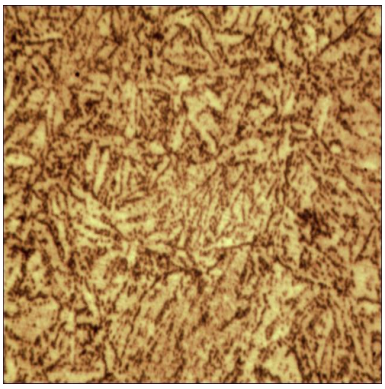
Fuente: Autores

Figura 91. Diagrama hierro-carbono material V945



Fuente: Autores

Tabla 60.Ficha identificación material W302

NOMBRE DEL MATERIAL:	W302	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	**EN / DIN:** 1.2344 - X40CrMoV5-1 **BS:** BH13 **SIS:** 2242 **UNE:** F5318 X40CrMoV5 **GOST:** 4Ch5MF1S **JIS:** SKD61 **UNI:** X40CrMoV5 -11 KU	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

Acero para trabajar en caliente. Se utilizan en herramientas que en su aplicación son sometidos a temperaturas permanentes superiores a los 200°C. Consecuentemente el uso de aceros para trabajo en caliente supone que además de las usuales tensiones que debe de soportar un acero para herramientas deba soportar las tensiones térmicas que se derivan del continuo contacto entre las herramientas y los materiales durante los procesos de conformado.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
W302	0,39	1,10	0,40	5,20	1,40	0,95

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Deben ser altamente resistentes a la formación de grietas térmicas, para así poder retardar lo máximo posible la aparición de grietas térmicas reticulares en la superficie de las herramientas, formadas como consecuencia de los continuos cambios de temperatura a los que son sometidas las mismas.

PROPIEDADES

- Acero para trabajar en caliente
- Gran resistencia en caliente y al desgaste en estado caliente
- De buena tenacidad
- Resistencia a fisuras por recalentamiento.
- Se presta para el enfriamiento en agua.
- Reducida tendencia a la adhesión
- Buena resistencia al revenido

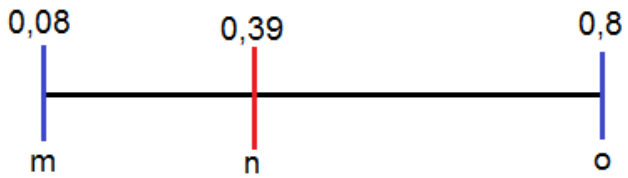
Tabla 60. (continuación)

- Alta estabilidad dimensional
- Alta resistencia a temperaturas elevadas
- Resistencia a la erosión y a la oxidación a alta temperatura
- Forjado: 1100 - 900°C / Enfriamiento lento en horno o en material termoaislante.
- BÖHLER W302 está además disponible en las calidades especiales ISODISC e ISOBLOC con una mejor homogeneidad y una mayor tenacidad.

APLICACIONES

- Herramientas para trabajar en caliente sometidas a esfuerzos elevados, tales como: punzones y matrices para prensar, cilindros, receptores para la extrusión de barras y tubos metálicos
- Herramientas de extrusión por impacto en caliente para la fabricación de cuerpos huecos,
- Herramientas para la fabricación de tuercas, tornillos, remaches y bulones.
- Herramientas para fundición a presión,
- Herramientas para prensar piezas perfiladas, elementos de matrices, cuchillas para cortar en caliente.´

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita**	56,94%
Tiempo de ataque:	25 segundos	**Perlita**	43,06%



$$\%Fase\ 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\ Fase\ 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%Ferrita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$Perlita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%\ Ferrita = \frac{0{,}39-0{,}8}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

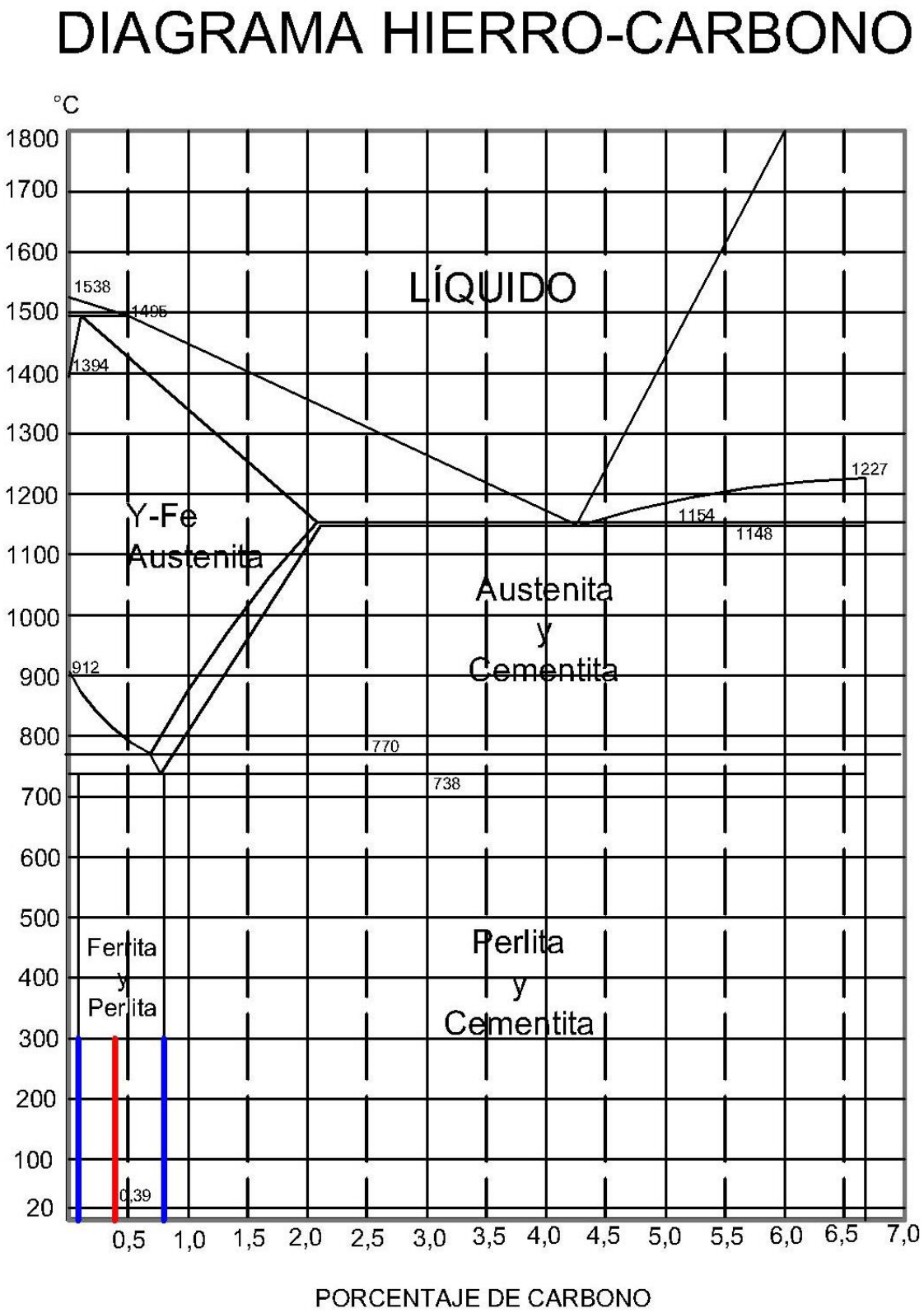
$$\%\ Perlita = \frac{0{,}08-0{,}39}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

$$\%\ Ferrita = 56{,}94$$

$$\%\ Perlita = 43{,}06$$

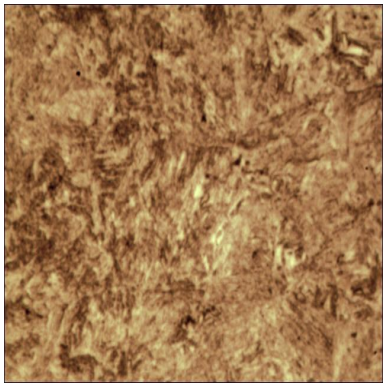
Fuente: Autores

Figura 92. Diagrama hierro-carbono material W302



Fuente: Autores

Tabla 61.Ficha identificación material M303

NOMBRE DEL MATERIAL:	M303	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	DIN X36CrMo17	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero inoxidable martensítico que posee una excelente tenacidad, resistencia a la corrosión y resistencia al desgaste.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
M303	0,27	0,30	0,65	14,50	0,85	1,00

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Se caracteriza por una mejor maquinabilidad y polubilidad.

PROPIEDADES

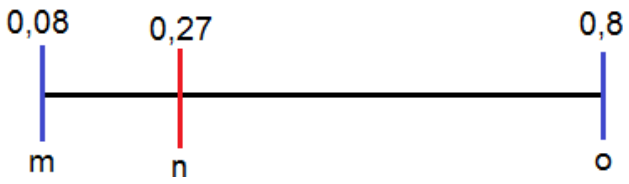
- Estado de suministro habitual con templado y revenido a 290-330 HB.

APLICACIONES

- Moldes para plásticos químicamente agresivos: moldes para electrodomésticos, herramientas de extrusión y herramientas para accesorios.

ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Reactivo	HCl	**Ferrita**	73,61 %
Tiempo de Ataque	20 segundos	**Perlita**	26,39 %

Tabla 61. (continuación)



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Ferrita = \frac{0{,}27 - 0{,}8}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

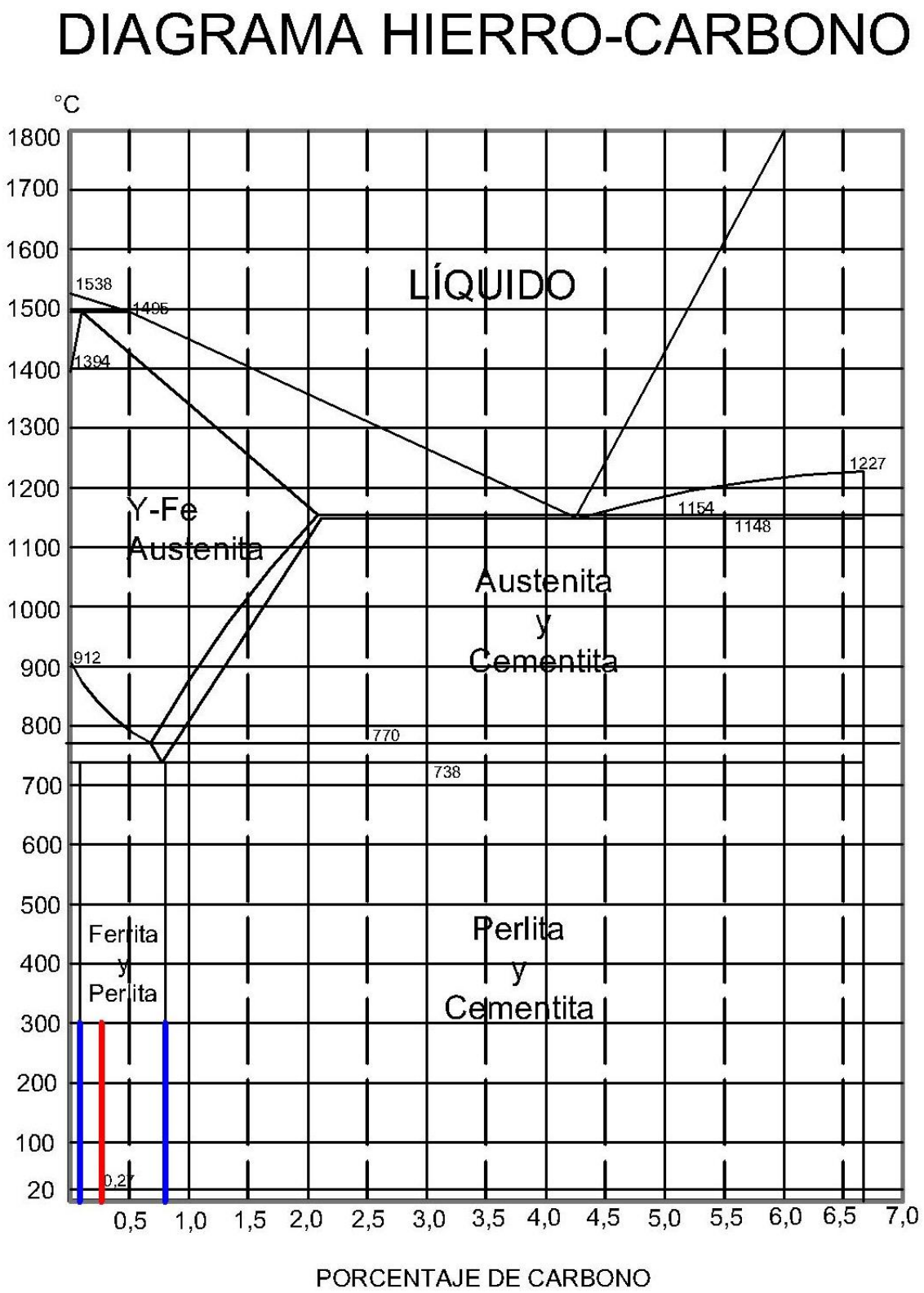
$$\% \, Perlita = \frac{0{,}08 - 0{,}27}{0{,}08 - 0{,}8} * 100$$

$$\% \, Ferrita = 73{,}61$$

$$\% \, Perlita = 26{,}39$$

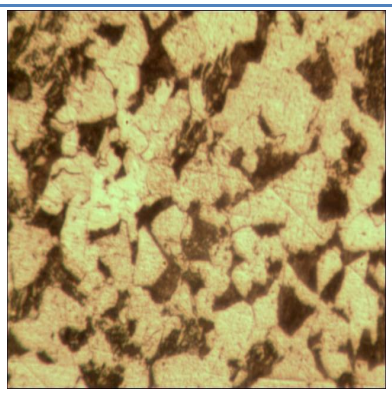
Fuente: Autores

Figura 93. Diagrama hierro-carbono material M303



Fuente: Autores

Tabla 62.Ficha identificación material V720

NOMBRE DEL MATERIAL:	V720	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	DIN 20MnV	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero para cementación de mayor resistencia mecánica en estado de suministro que otros aceros de bajo carbono por su microaleación de vanadio, tratado con aluminio, de grano fino y de baja aleación, con características de maquinado y de soldadura comparables a los aceros convencionales. Puede ser bonificado.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	V
V720	0,22	0,35	1,60	0,12

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

El término cementación define el enriquecimiento en carbono de la capa superficial de una pieza (carbunización), o el enriquecimiento en carbono y nitrógeno (carbonitruración) por difusión con temple posterior.

Los materiales más aptos para la cementación son los aceros con relativo bajo contenido de carbono (normalmente menor a 0.25%) que muestran una capa superficial dura y resistente al desgaste después de la cementación. Debido a tensiones internas de compresión, esta capa posee también una resistencia a la fatiga más alta mientras el material del núcleo se distingue por sus buenos valores de tenacidad.

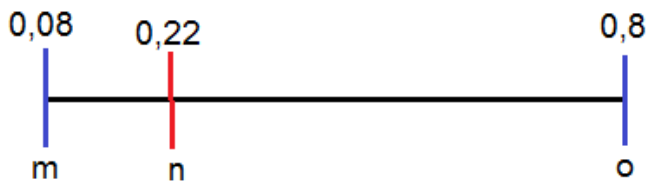
PROPIEDADES

- Buena resistencia mecánica.
- Alta tenacidad en el núcleo.
- Aumenta dureza superficial: capa cementada.
- Aumenta resistencia al desgaste.
- Gran dureza superficial y una buena tenacidad o gran resistencia al choque.

Esta combinación de propiedades es muy importante para aquellas piezas, como los engranajes, que deben tener una superficie muy dura para poder resistir el desgaste y en cambio el núcleo de los dientes debe ser muy tenaz para poder soportar los golpes que pueden recibir debido a arranques, paradas bruscas, etc. que sufre la máquina.

Tabla 62. (continuación)

APLICACIONES			
• Para elementos de maquinaria como: • Bocines • Cuerpos de bombas • Anillos separadores • Casquillos de protección • Bujes • Ejes • Rodillos • Accesorios de perforación de pozos petroleros • Para herramientas que exigen alta dureza superficial y núcleo tenaz.			
ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Ferrita**	80,56%
Tiempo de ataque:	30 segundos	**Perlita**	19,44%



$$\%\,Fase\ 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\,Fase\ 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%Ferrita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\,Perlita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%\,Ferrita = \frac{0{,}22-0{,}8}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

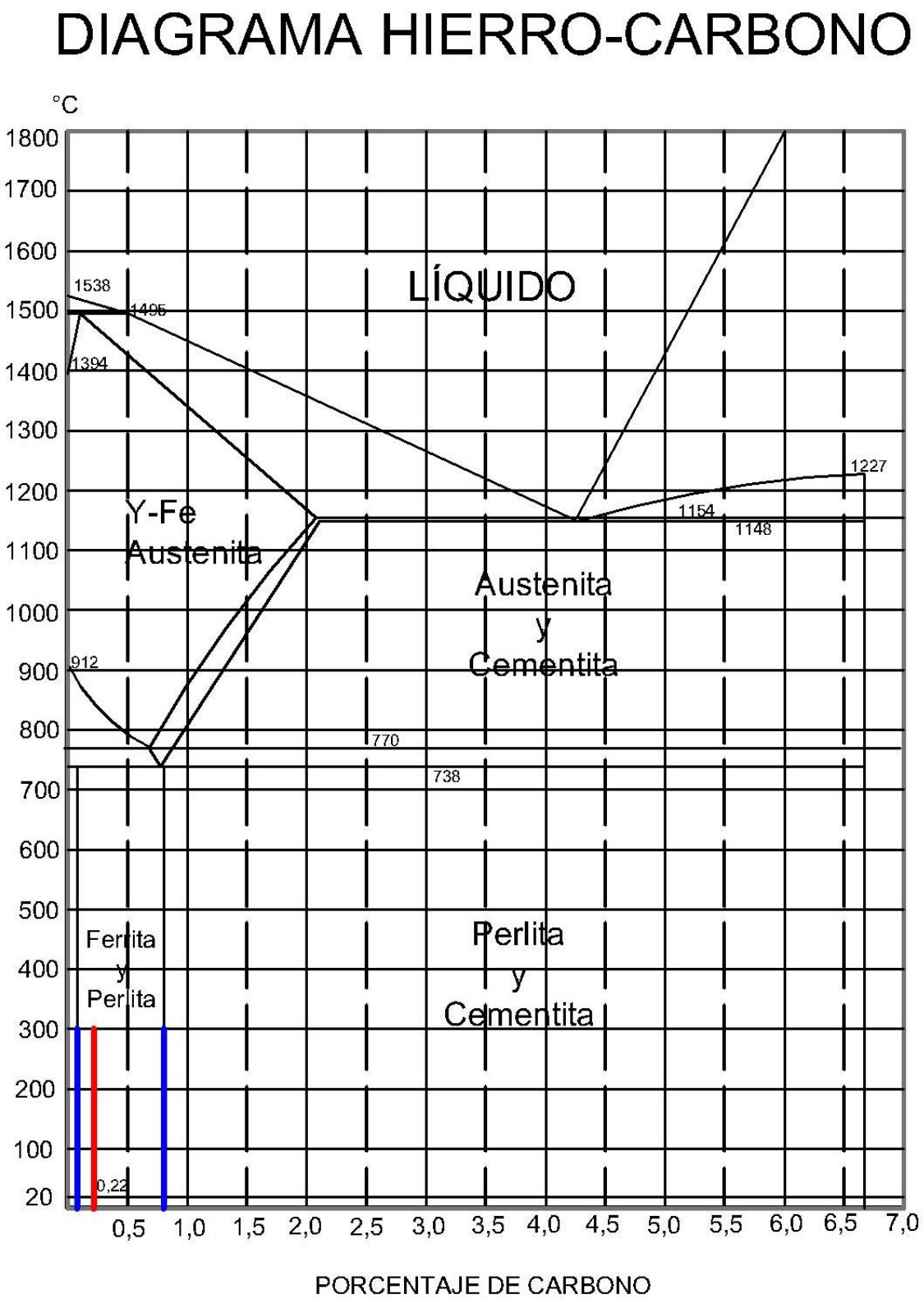
$$\%\,Perlita = \frac{0{,}08-0{,}22}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

$$\%\,Ferrita = 80{,}56$$

$$Perlita = 19{,}44$$

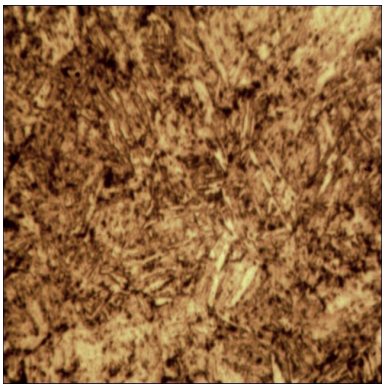
Fuente: Autores

Figura 94. Diagrama hierro-carbono material V720



Fuente: Autores

Tabla 63.Ficha identificación material M238

NOMBRE DEL MATERIAL:	M238	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	DIN 40CrMnNiMo8-6-4 No. Mat 1,2738	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero bonificado para moldes de plástico. El contenido de níquel garantiza una resistencia uniforme hasta el núcleo, también en grandes dimensiones por encima de 400 mm.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
M238	0,38	0,30	1,50	2,00	1,10	0,20

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

El acero M238 se suministra con una buena maquinabilidad.

PROPIEDADES

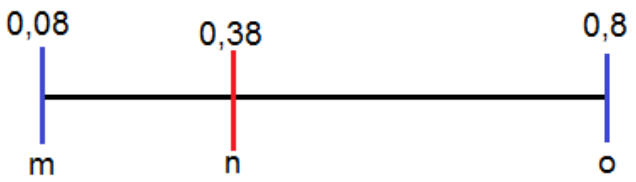
- Bonificado aproximadamente a 1000 N/mm ^{2} que equivale a 300 HB.
- Bonificación uniforme hasta el núcleo.
- Apto para nitruración destinado a aumentar la resistencia al desgaste.

APLICACIONES

- Moldes para la transformación de materiales plásticos, armazones de moldes para las industrias de plásticos y para piezas en la construcción de maquinaria y útiles en general.

ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Reactivo	Nital 4	**Ferrita**	58,33 %
Tiempo de Ataque	30 segundos	**Perlita**	41,67 %

Tabla 63. (continuación)



$$\%\ Fase\ 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\ Fase\ 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%\ Ferrita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\ Perlita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%\ Ferrita = \frac{0{,}38-0{,}8}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

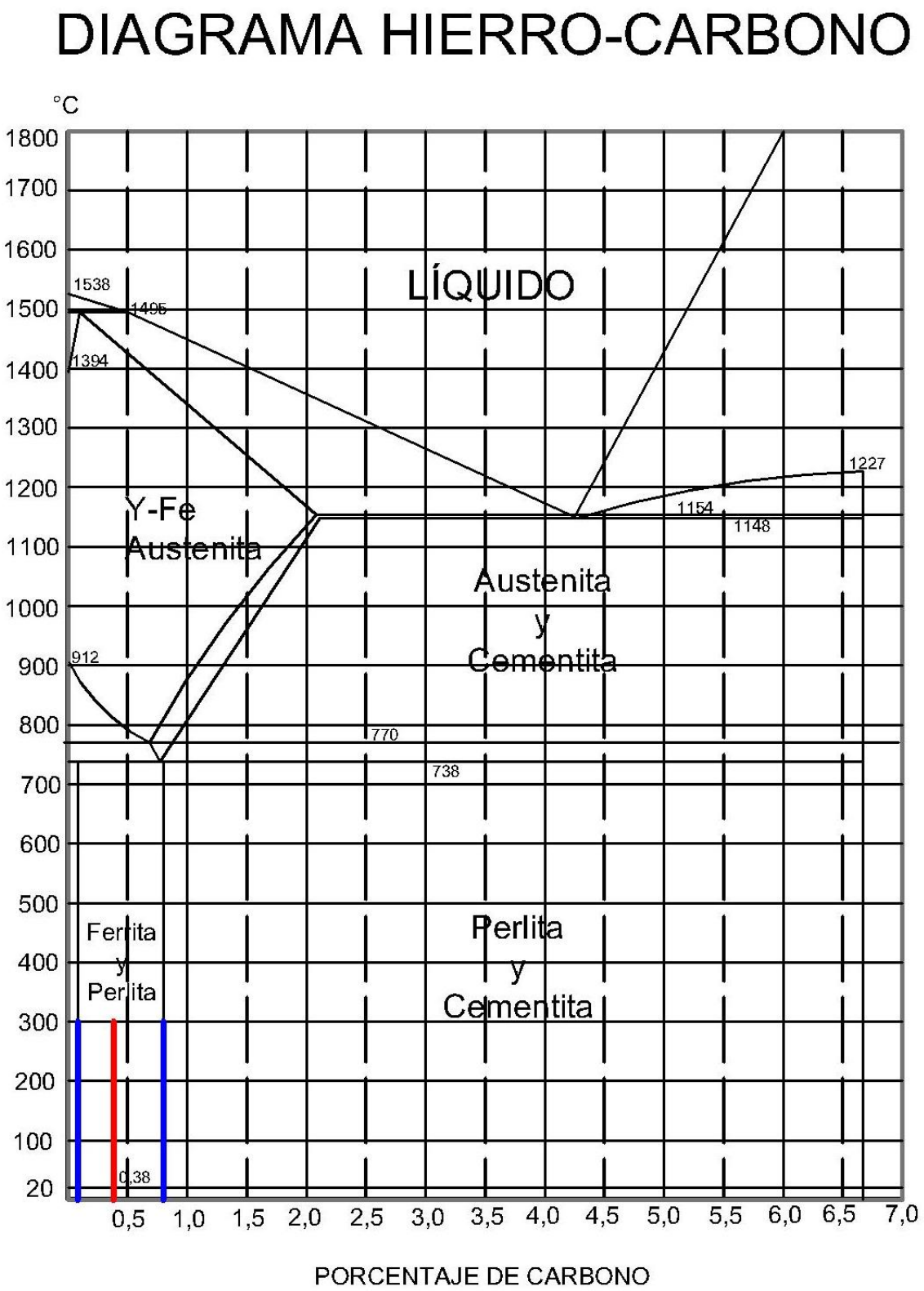
$$\%\ Perlita = \frac{0{,}08-0{,}38}{0{,}08-0{,}8} * 100$$

$$\%\ Ferrita = 58{,}33$$

$$\%\ Perlita = 9{,}72$$

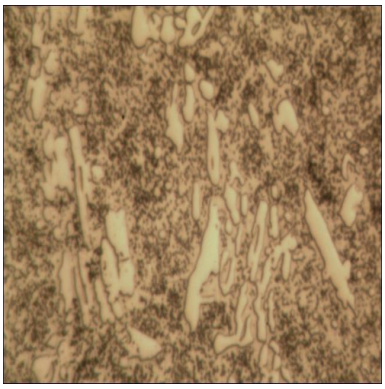
Fuente: Autores

Figura 95. Diagrama hierro-carbono material M238



Fuente: Autores

Tabla 64.Ficha Identificación material K110

NOMBRE DEL MATERIAL:	K110	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	**DIN / EN:** 1.2379 ~X153CrMoV12 **JIS:**SKD11 **GOST:** Ch12F1	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Acero para trabajar en frío. Excepcional resistencia al desgaste, ofrecen propiedades óptimas de estabilidad dimensional, dureza, tenacidad, duración de filo de corte y resistencia a la compresión.

En definitiva, se consigue un máximo rendimiento de la herramienta y, por lo tanto, el mínimo coste de herramienta por pieza acabada.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
K110	1,55	0,30	0,30	11,30	0,75	0,75

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Admite nitruración.

Alta resistencia al uso y suficiente dureza al trabajar con fuerzas de compresión.

Son eficaces al ser ocupados como herramientas de estampado o de formado en frío.

PROPIEDADES

- Acero ledeburítico al 12% de cromo
- De mínima variación dimensional
- Especialmente apto para el temple al aire.
- Buena tenacidad
- Forjado:1050 a 850°C. Enfriamiento lento en el horno o en material termoaislante.

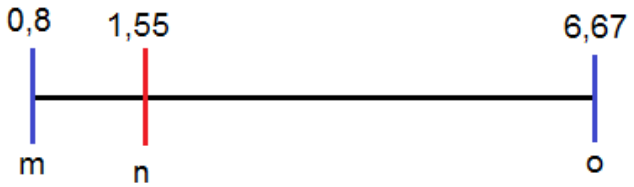
APLICACIONES

- Herramientas de corte de gran rendimiento (matrices y punzones)
- Herramientas para la técnica de estampado
- Herramientas para trabajar madera
- Cizallas para cortar de poco espesor

Tabla 64. (continuación)

- Herramientas para laminar roscas
- Herramientas para estirar, para embutición profunda y extrusión en frío, para las industrias farmacéutica y de cerámica
- Cilindros para laminar en frío (cilindros de trabajo) para trenes de laminación de cajas múltiples
- Herramientas de medición, moldes pequeños para material plástico que exigen gran resistencia al desgaste.

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Perlita:**	87,22%
Tiempo de ataque:	25 segundos	**Cementita:**	12,78%



$$\% \, Fase \; 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \; 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% Perlita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Cementita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{1{,}55 - 6{,}67}{0{,}8 - 6{,}67} * 100$$

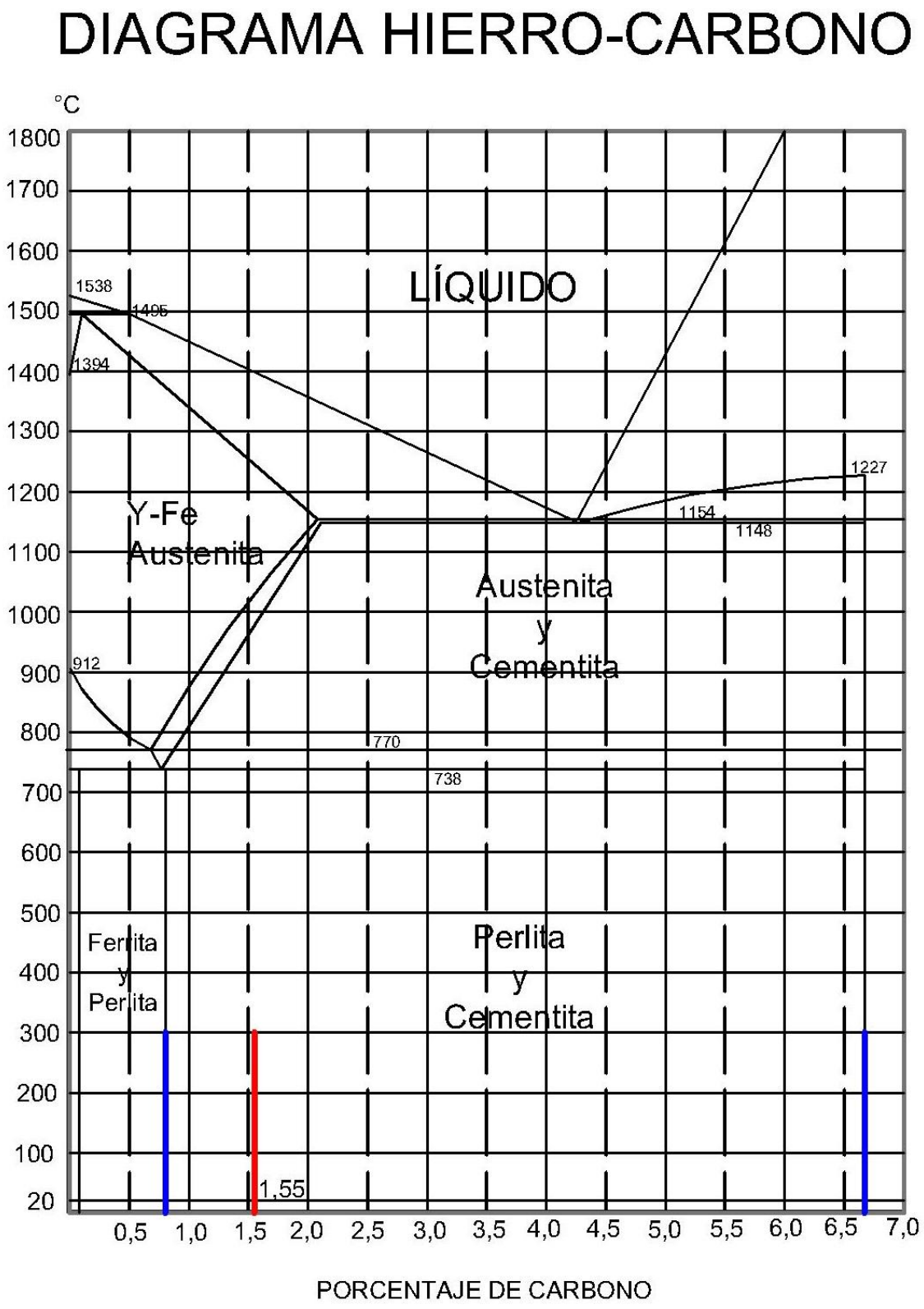
$$\% \, Cementita = \frac{0{,}8 - 1{,}55}{0{,}8 - 6{,}67} * 100$$

$$\% \, Perlita = 87{,}22$$

$$\% Cementita = 12{,}78$$

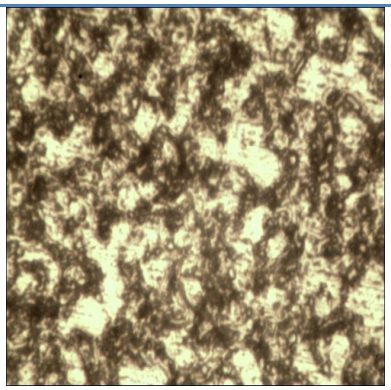
Fuente: Autores

Figura 96. Diagrama hierro-carbono material K110



Fuente: Autores

Tabla 65.Ficha identificación material fundición blanca

NOMBRE DEL MATERIAL:	Fundición Blanca	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Taller de Fundición ESPOCH	
EQUIVALENCIAS:	-------	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

La fundición blanca es aquella en la que todo el carbono está combinado bajo la forma de cementita. Todas ellas son aleaciones hipoeutécticas y las transformaciones que tienen lugar durante su enfriamiento son análogas a las de la aleación de 2,5 % de carbono. Se distinguen por que al fracturarse presenta un color blanco brillante. Es un tipo de fundición (metalurgia) menos fluida que la gris y al solidificarse se produce algo de contracción. En estas el carbono se presenta en forma de cementita.

Se forma al enfriar rápidamente la fundición de hierro desde el estado líquido, siguiendo el diagrama hierro-cementita metaestable; durante el enfriamiento, la austenita solidifica a partir de la aleación fundida en forma de dendritas. A los 1130°C el líquido alcanza la composición eutéctica (4.3%C) y se solidifica como un eutéctico de austenita y cementita llamado ledeburita.

Este eutéctico aparece en su mayor parte como cementita blanca que rodea las dendritas de forma de helecho.

Al enfriarse las fundiciones desde 1130°C hasta 723 °C el contenido de carbono de la austenita varía de 2 a 0.8%C al precipitarse cementita secundaria que se forma sobre las partículas de cementita ya presentes, a los 723°C la austenita se transforma en perlita, el eutectoide de los aceros.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
Fundición Blanca	3,6-3,8	1,8-2,8	0,15-1,0	0,003	0,001	0,05-0,2	0,03-0,07	0,01-0,1

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Su estructura es fibrosa y de grano chico.
- Difícil de mecanizar.
- El enfriamiento rápido evita la grafitización de la cementita pero si se calienta de nuevo la pieza colada a una temperatura de 870°C el grafito se forma lentamente adoptando una forma característica conocida como carbono de revenido, resultando la fundición maleable.

Tabla 65. (continuación)

- Las fundiciones blancas se pueden clasificar en función de la morfología y distribución de las fases que viene determinada por la etapa de enfriamiento en la que se formaron.
- Fundiciones blancas hipoeutécticas: son aquellas que están formadas por dendritas de austenita primaria transformada en perlita y ledeburita transformada.

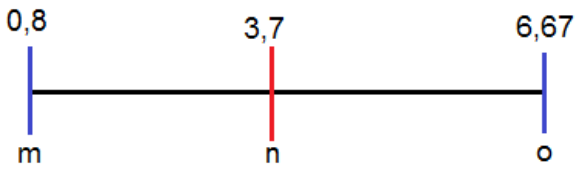
PROPIEDADES

- Poco soldables
- Gran dureza y fragilidad
- Resistentes a la corrosión
- Resistencia al desgaste.

APLICACIONES

- Se utiliza en cuerpos moledores por su gran resistencia al desgaste.
- Al presentar fragilidad y falta de maquinabilidad su aplicación es muy limitada en el campo de la ingeniería.
- Por otra parte si son muy empleadas en aquellos casos donde la ductilidad no es un requisito como por ejemplo en camisas interiores de hormigoneras, en placas de revestimiento de molinos para triturar o en rodillos.
- Su principal uso es como material base para fabricar fundiciones maleables.

ATAQUE METALOGRÁFICO		MICRO CONSTITUYENTES	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Perlita**	50,60%
Tiempo de ataque:	10 segundos	**Cementita**	49,40%



$$\% \, Fase \, 1 = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Fase \, 2 = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{n - o}{m - o} * 100$$

$$\% \, Cementita = \frac{m - n}{m - o} * 100$$

$$\% \, Perlita = \frac{3{,}7 - 6{,}67}{0{,}8 - 6{,}67} * 100$$

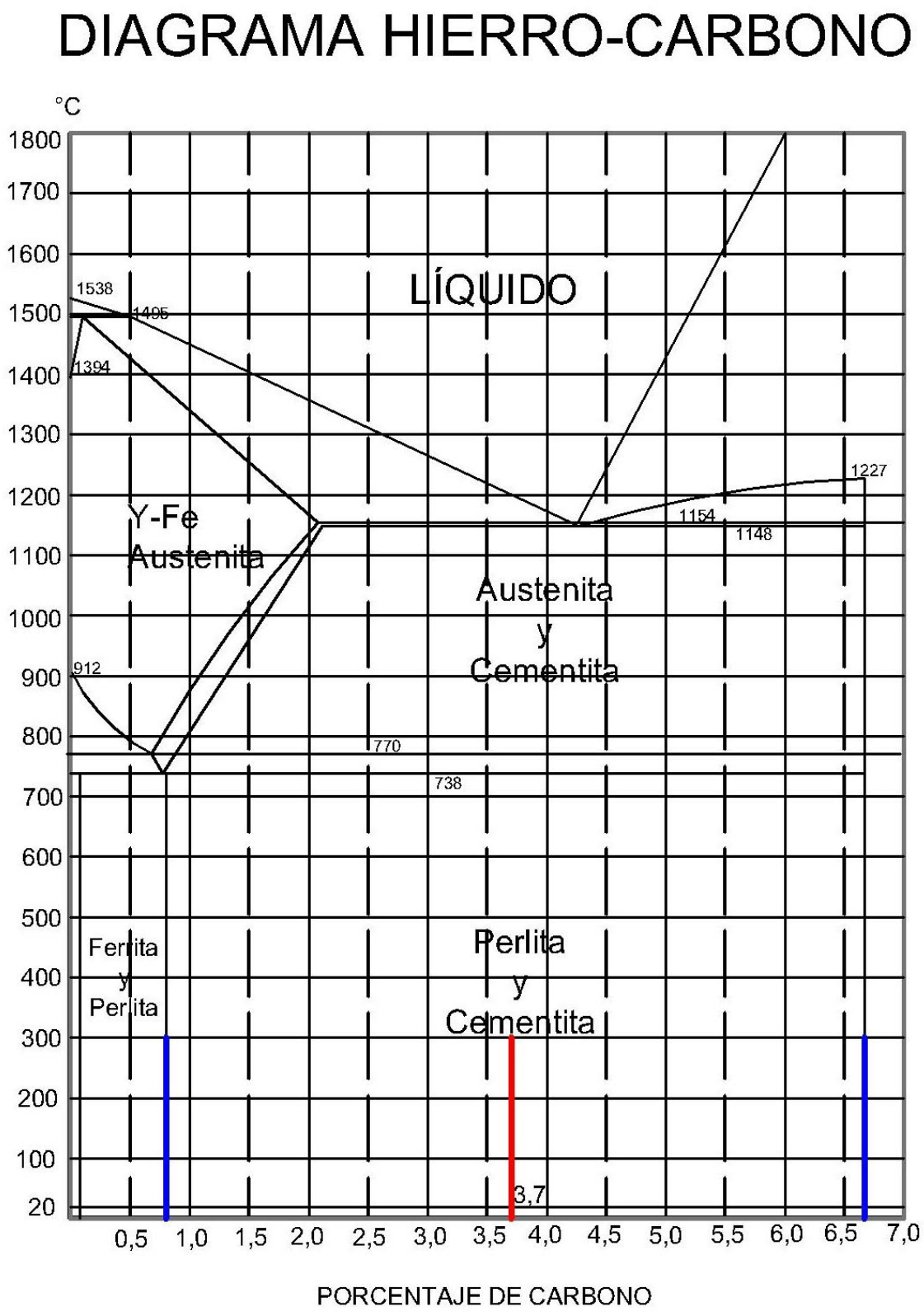
$$\% \, Cementita = \frac{0{,}8 - 3{,}7}{0{,}8 - 6{,}67} * 100$$

$$\% \, Perlita = 50{,}60$$

$$\% \, Cementita = 49{,}40$$

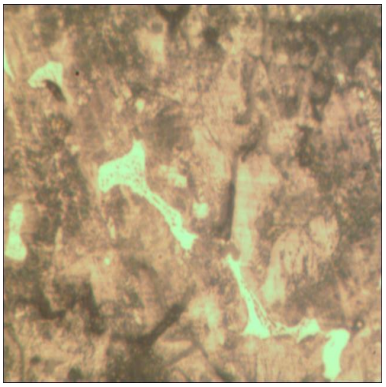
Fuente: Autores

Figura 97. Diagrama hierro-carbono material fundición blanca



Fuente: Autores

Tabla 66.Ficha identificación material fundición gris

NOMBRE DEL MATERIAL:	Fundición Gris	
TIPO DE MATERIAL:	Ferroso	
PROVEEDOR:	Taller de Fundición ESPOCH	
EQUIVALENCIAS:	-------	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

El hierro fundido, hierro colado, más conocido como fundición gris es un tipo de aleación conocida como fundición, cuyo tipo más común es el conocido como hierro fundido gris.

El hierro gris es uno de los materiales ferrosos más empleados y su nombre se debe a la apariencia de su superficie al romperse.

Una característica distintiva del hierro gris es que el carbono se encuentra en general como grafito, adoptando formas irregulares descritas como “hojuelas”. Este grafito es el que da la coloración gris a las superficies de ruptura de las piezas elaboradas con este material.

El silicio juega un papel importante en diferenciar a la fundición gris de la fundición blanca, esto es debido a que el silicio es un estabilizador de grafito, esto significa que ayuda a precipitar el grafito desde los carburos de hierro. Otro factor importante que ayuda a la formación de grafito es la velocidad de solidificación de la colada, una velocidad lenta tenderá a producir más grafito y una matriz ferritica, una velocidad moderada tenderá a producir una mayor matriz perlitica, para lograr una matriz 100% ferrítica, se debe someter la fundición a un tratamiento térmico de recocido.

Un enfriamiento veloz suprimirá parcial o totalmente la formación de grafito y en cambio propiciará la formación de cementita, lo cual se conoce como Fundición Blanca.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

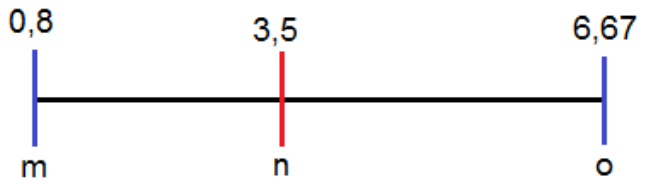
	Fe	C	Si	Mn	S	P
Fundición Gris	93-93,8	3,5	2	0,60	0,05	0,05

Tabla 66. (continuación)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
• Comparada con otras aleaciones de hierro modernas, el hierro gris tiene una baja resistencia a la tracción y ductibilidad; por lo tanto su resistencia al impacto es casi inexistente. • Hay tres tipos, de acuerdo a la forma con que se presente el grafito: ▪ Grafito Laminar ▪ Grafito Compacto ▪ Grafito Esferoidal La fundición con grafito laminar y compacto se las considera Fundición Gris común. Y la fundición con grafito esferoidal se la llama Fundición Dúctil. La morfología del grafito laminar suele ser: • Láminas largas (tipo C o tipo A según la clasificación ASTM), • En rosetas (grafito eutéctico tipo B), que indican ligero subenfriamiento y germinación precoz, • Interdendrítico (en laminillas -tipo E- o puntual -tipo D-) debido a subenfriamiento importante y germinación tardía. La morfología esferoidal -esferoides claramente nucleados- se presenta cuando hay elementos que favorecen la cristalización radial del grafito	
PROPIEDADES	
• Fácil de maquinar • Tiene alta capacidad de templado • Gran capacidad de amortiguación de vibraciones (por la discontinuidad que supone el grafito). • Resistencia a la compresión tres o cuatro veces superior a la resistencia a tracción, • Buena fluidez para el colado • Buena resistencia al desgaste debido a que las "hojuelas" de grafito sirven de autolubricante. • Alta tensión de rotura • Buena resistencia a la corrosión • Fácil de soldar	

Tabla 66. (continuación)

APLICACIONES			
• e utiliza bastante en aplicaciones como bases o pedestales para máquinas, herramientas, bastidores para maquinaria pesada, y bloques de cilindros para motores de vehículos, discos de frenos, herramientas agrícolas entre otras. • La Fundición gris es una aleación común en la ingeniería debido a su relativo bajo costo y buena maquinabilidad, lo que es resultado de las bandas de grafito que lubrican el corte y la viruta. • Son las más utilizadas en la industria metalúrgica para la producción de piezas que requieran operaciones de mecanizado finales			
ATAQUE METALOGRÁFICO		**MICRO CONSTITUYENTES**	
Tipo de reactivo:	Nital 4	**Perlita:**	54%
Tiempo de ataque:	20 segundos	**Cementita:**	46%



$$\%\,Fase\ 1 = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\,Fase\ 2 = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%Perlita = \frac{n-o}{m-o} * 100$$

$$\%\,Cementita = \frac{m-n}{m-o} * 100$$

$$\%Perlita = \frac{3{,}5-6{,}67}{0{,}8-6{,}67} * 100$$

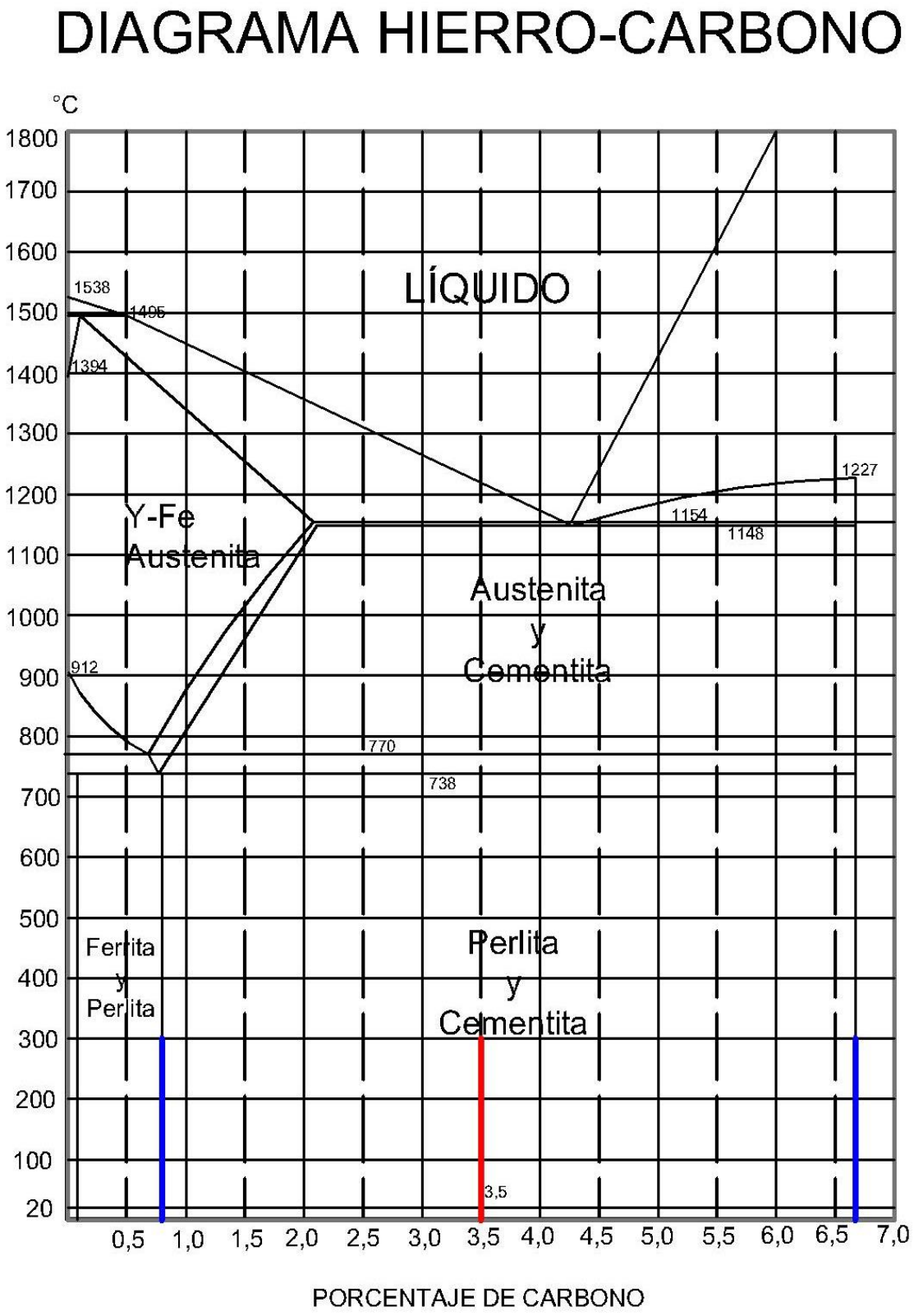
$$\%\,Cementita = \frac{0{,}8-3{,}5}{0{,}8-6{,}67} * 100$$

$$\%Perlita = 54$$

$$\%\,Cementita = 46$$

Fuente: Autores

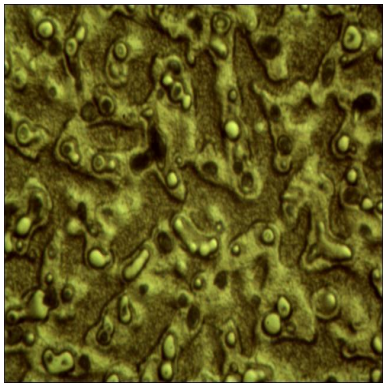
Figura 98. Diagrama hierro-carbono material fundición gris



Fuente: Autores

4.2 Base de datos materiales no ferrosos

Tabla 67.Ficha identificación material SAE 40

NOMBRE DEL MATERIAL:	BRONCE SAE40	
TIPO DE MATERIAL:	No Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Aleación de cobre de buenas cualidades elásticas y de resistencia al desgaste. Alta pureza de material con la eliminación total de porosidad interna. Buena conductividad térmica, resistencia a la corrosión y facilidad de maquinado.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	Cu	Sn	Pb	Zn
SAE 40	85%	5%	5%	5%

PROPIEDADES

- Dureza de suministro, mínimo 70HB.

APLICACIONES

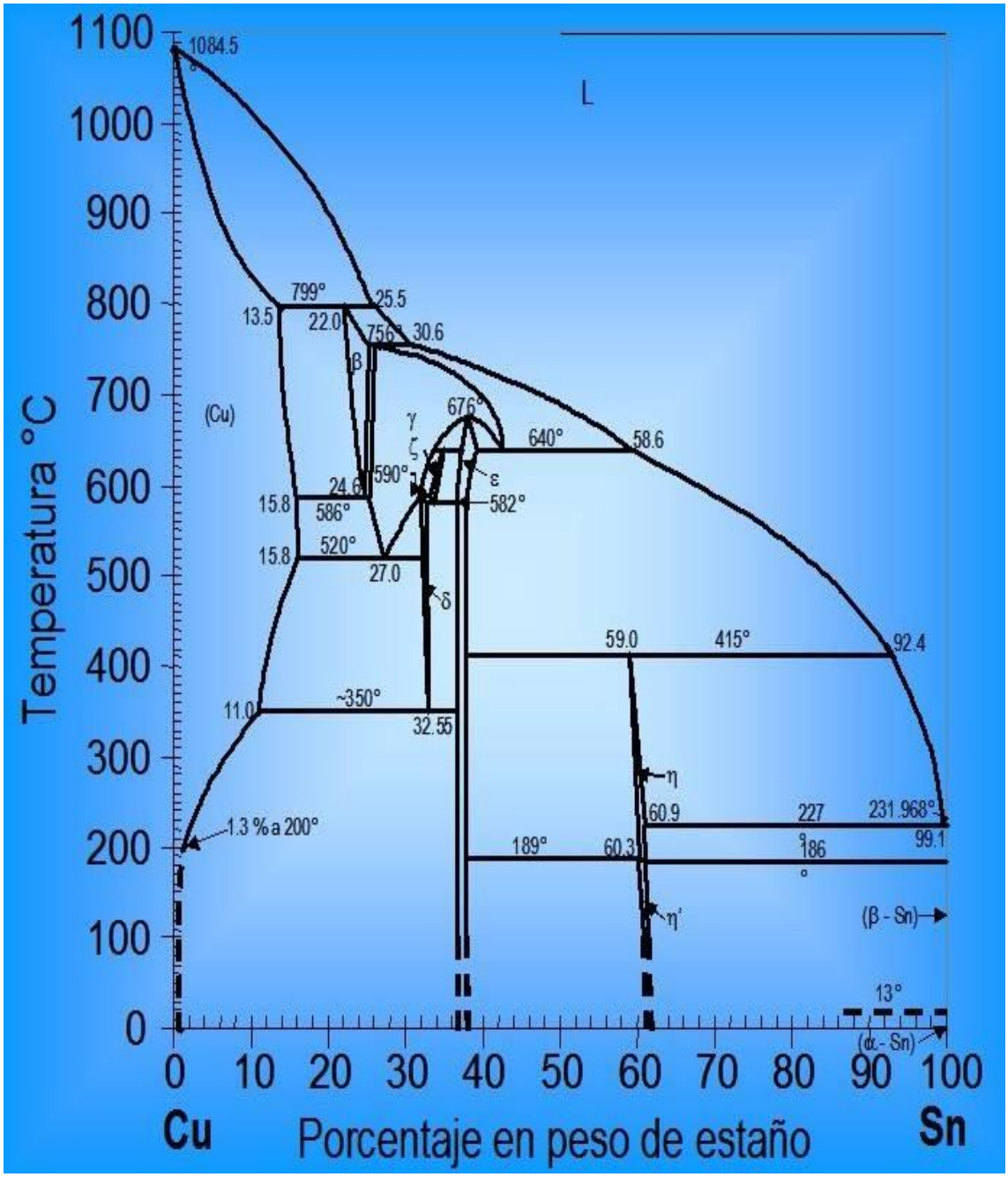
- Donde hay aplicación de cargas ligeras y velocidades de baja a media, con sistemas de lubricación normal.
- Respaldos de cojinetes, arandelas de empuje de transmisiones automáticas, cojinetes múltiples, manguitos de bomba y bocines. Utilizando donde se requiere mucho maquinado.

ATAQUE METALOGRÁFICO

Reactivo	N° 40
Tiempo de Ataque	25 segundos

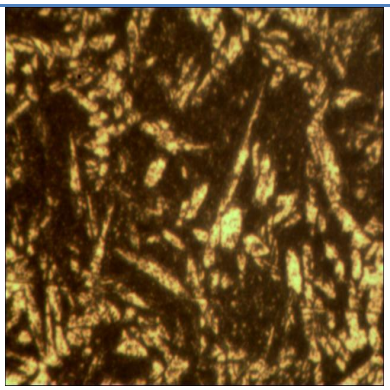
Fuente: Autores

Figura 99. Diagrama de fases material SAE 40



Fuente: http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/fcm13_3.html

Tabla 68.Ficha identificación material bronce al aluminio

NOMBRE DEL MATERIAL:	Bronce al aluminio	
TIPO DE MATERIAL:	No Ferroso	
PROVEEDOR:	Iván Bohman	
EQUIVALENCIAS:	Ninguna	

DESCRIPCIÓN GENERAL:

El bronce de aluminio o cuproaluminio es un tipo de bronce en el cual el aluminio es el metal de aleación principal que se agrega al cobre. Una variedad de bronces de aluminio, de composiciones diferentes, ha encontrado uso industrial, extendiéndose la proporción de aluminio desde 5% hasta 11%, según el peso.

El bronce al aluminio tiende a tener un color similar al del oro.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	Ni	Fe	Al	Sn	Cu
Bronce al Aluminio	0,05	0,05	0,10	0,10	0,70

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Para cargas y presiones altas con bajas velocidades y sistemas de lubricación forzados.

PROPIEDADES

- Excelente resistencia mecánica.
- Resistente a corrosión salina, química, petrolera.
- Dureza de suministro: mínimo 150 HB.

APLICACIONES

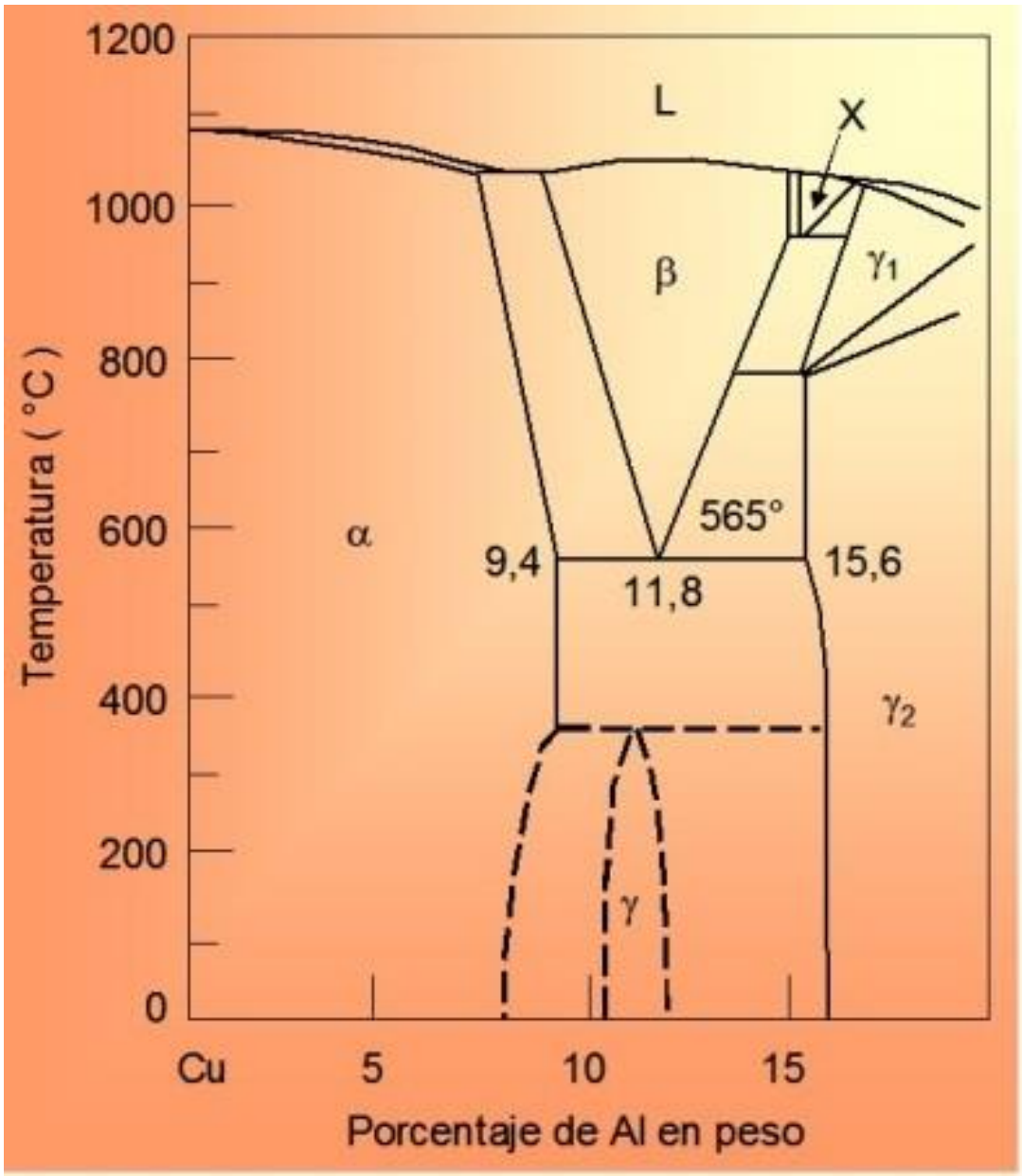
- Aplicaciones de alta resistencia como piñonería o coronas. Requiere contacto con aceros endurecidos y lubricación forzada.
- Piezas de aplicación marina, piezas estructurales, bujes, y descansos de equipo pesado.
- Puede soportar trabajos con aceros de alta dureza, pero con lubricación forzada.
- Pistas de cojinete y componentes del tren de aterrizaje, los aviones, elementos del motor

Tabla 68. (continuación)

(Especialmente para las navíos de agua salada), fijaciones (tornillería) subacuáticas en arquitectura naval, y las hélices de la nave.	
ATAQUE METALOGRÁFICO	
Tipo de reactivo:	N° 40
Tiempo de ataque:	30 segundos

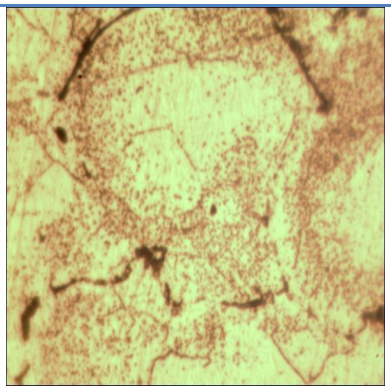
Fuente: Autores

Figura 100. Diagrama de fases material bronce al aluminio



Fuente: http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/pfcm13_3.html

Tabla 69.Ficha identificación material duraluminio

NOMBRE DEL MATERIAL:	Duraluminio	
TIPO DE MATERIAL:	No Ferroso	
PROVEEDOR:	Bohler	
EQUIVALENCIAS:	----------	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Aluminio de alta resistencia, de excelente maquinabilidad, bajo peso específico (1/3 de acero), alta resistencia a la corrosión y excelente conductividad térmica. Susceptible de ser anodizado y cromado duro.

Estado de suministro: platinas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	Al	Cu	Mg
Duraluminio	91,5	0,7	3,2

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Densidad	2,6 kg/dm³
Módulo de elasticidad	72,0 GPa
Coeficiente de expansión térmica (20-100 ºC)	23,7 x 10^{-6} /ºC
Conductividad térmica	153 W/(m.ºC)
Calor específico	857 J/Kg.ºC
Difusivid d térmica	63 x 10^{-6} m²/s

PROPIEDADES

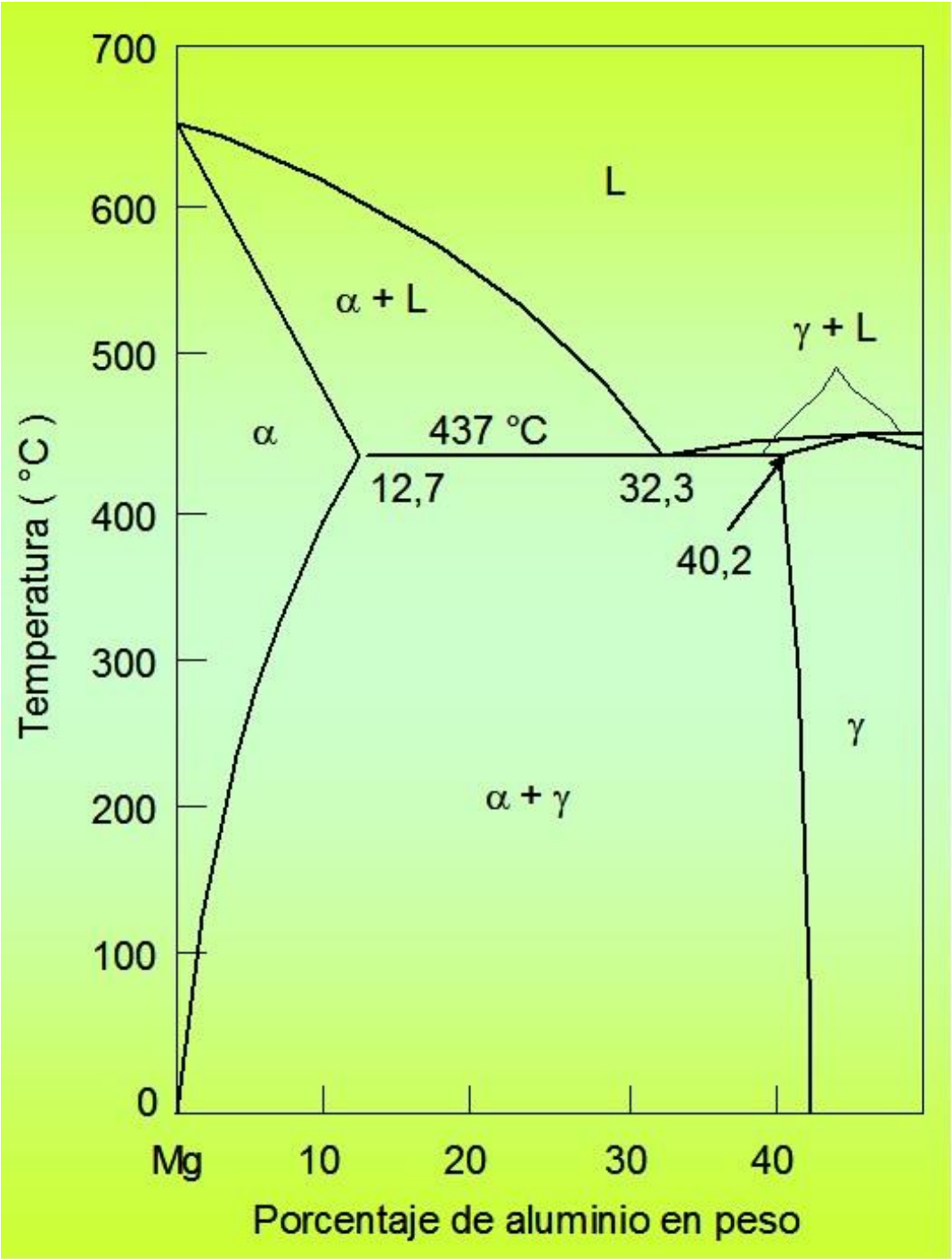
- Gracias a su proceso de fabricación por colada continua vertical el Aluminio fundido presenta características prácticamente iguales en la superficie y en el centro lo que reduce el peligro de deformaciones en el mecanizado.
- El proceso de fundición de colada continua vertical brinda la ventaja de que el material presenta una segregación uniforme de componentes y una estructura de grano.
- Estado de suministro: 160-180 HB.
- Resistente a la corrosión.

Tabla 69. (continuación)

• Muy ligero. • El aluminio es dúctil y tiene una densidad y un punto de fusión bajos. • No es magnético ni tóxico	
APLICACIONES	
• Moldes para plásticos, parar procesos de soplado y vacío. • Moldes de espuma para la industria del mueble. • Moldes para pequeñas producciones de termoplásticos inyectados. • Para soportes en la industria óptica. • Calibres de medición en la industria automotriz. • Partes y soportes en la industria electrónica. • Soportes y componentes en la industria aeronáutica. • Dispositivos de cerramiento de botellas.	
ATAQUE METALOGRÁFICO	
Tipo de reactivo:	Keller's
Tiempo de ataque:	20 segundos

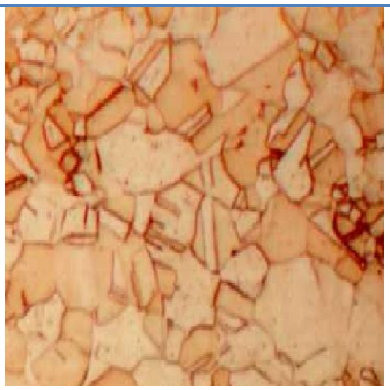
Fuente: Autores

Figura 101. Diagrama de fases material duraluminio



Fuente: http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/fcm13_4.html

Tabla 70.Fichaidentificación material cobre

NOMBRE DEL MATERIAL:	Cobre	
TIPO DE MATERIAL:	No Ferroso	
PROVEEDOR:	-------	
EQUIVALENCIAS:	-------	
DESCRIPCIÓN GENERAL:		

Es un metal de consumo antiguo, y junto con el aluminio es un metal no férreo importante.
Se trata de un metal de transición de color rojizo y brillo metálico que, junto con la plata y el oro, forma parte de la llamada familia del cobre, se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad (el segundo después de la plata).
El cobre se presenta principalmente en forma de mineral. Los minerales de cobre importantes son la calcosina (Cu2S) y la calcopirita (CuFeS2). El elemento que le acompaña al cobre, el azufre, se elimina en un horno de calcinación. Se combina con el oxígeno y forma dióxido de azufre (SO2). El oxígeno prosigue la oxidación del cobre. Formando óxido de cobre (CuO).
En el horno de cuba se obtiene el cobre bruto por reducción. Mediante afino al fuego y electrólisis se obtiene cobre puro.
Las formas comerciales son: chapas, cintas, barras, hilos, tubos, perfiles.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	Cu	Ag	Bi	Otros
Cobre	99.9%	0,05%	0,005%	0,045%

El total de los otros elementos (salvo el cobre) se define como la suma de Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, 0, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Te y Zn, con exclusión de cualquier elemento cuyo valor se indica individualmente.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

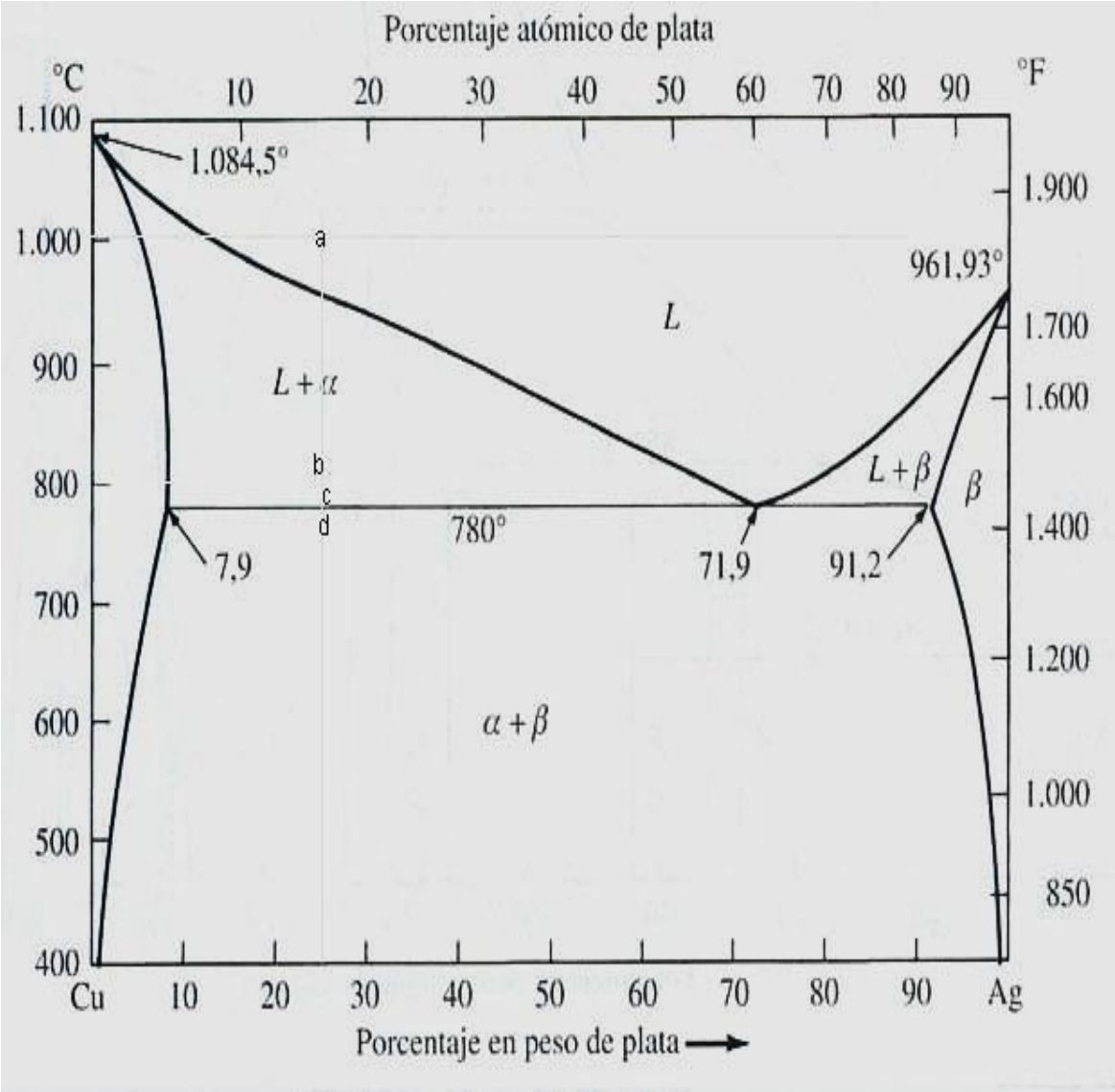
Es no magnético, tiene un color atractivo (rojizo), se puede soldar y dar terminaciones superficiales con revestimientos metálicos (galvanizado) o barnizado. Se pueden mejorar sus propiedades por aleación. Por sus propiedades, el cobre se aproxima a los metales preciosos especialmente por su excelente resistencia a los agentes corrosivos naturales.

Tabla 70. (continuación)

PROPIEDADES	
• Posee una alta conductividad eléctrica y térmica • Buena resistencia a la corrosión. • Fácilmente aleable • Buena maquinabilidad • Resistencia y facilidad de fabricación • Buena maleabilidad • Puede ser soldado, soldado con latón, soldado con estaño, y fácilmente se termina por revestimiento metálico (galvanizado) o barnizado. • Difícil de colar	
APLICACIONES	
• El cobre puro se emplea principalmente en la fabricación de cables eléctricos tanto de uso industrial como residencial. • Se emplean conductores de cobre en numerosos equipos eléctricos como generadores, motores y transformadores. • El cobre se emplea en varios componentes de coches y camiones, principalmente los radiadores (gracias a su alta conductividad térmica y resistencia a la corrosión), frenos y cojinetes, además naturalmente de los cables y motores eléctricos. • Una gran parte de las redes de transporte de agua están hechas de cobre o latón,76 debido a su resistencia a la corrosión y sus propiedades anti-bacterianas, habiendo quedado las tuberías de plomo en desuso por sus efectos nocivos para la salud humana. • El cobre participa en la materia prima de una gran cantidad de diferentes y variados componentes de todo tipo de maquinaria, tales como casquillos, cojinetes, embellecedores, etc.	
ATAQUE METALOGRÁFICO	
Tipo de reactivo:	N° 40
Tiempo de ataque:	10 segundos

Fuente: Autores

Figura 102. Diagrama de fases material cobre



Fuente: http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/fcm13_3.html

4.3 Elección y adquisición de la cámara más adecuada

Seleccionar la cámara correcta es muy importante ya que debe ser la adecuada para la captura de imágenes de los materiales que se van a analizar en VISION. Hay varias cosas que considerar cuando se compra la cámara. A continuación se detallan los parámetros que analizaremos para adquirir la cámara adecuada.

Tabla 71. Parámetros analizados para la adquisición de la cámara

PARÁMETROS	PESO
Es adecuada para la actividad a desarrollar	0,06
Tamaño	0,06
Puerto USB 2.0 al computador	0,08
Captura la imagen directamente al ordenador	0,08
Es compatible con la aplicación LabView	0,08
Compatibilidad con Windows XP/VISTA	0,08
Tiene estabilidad al colocarse en el microscopio	0,06
Resolución máxima	0,10
Formatos de archivo	0,05
Es regulable la calidad de imagen	0,03
Posee software de instalación	0,05
Emite ruido	0,05
Accesibilidad	0,12
Precio	0,10
TOTAL	1

Fuente: Autores

Tabla 72. Tabla de comparaciones con varios tipos de cámaras

		SPI Supplies		AMSCOPE		RENUSCO DTM-300		PAXcam	
PARÁMETROS	**PESO**	**CALIFICACIÓN**	**VALOR PONDERADO**	**CALIFICACIÓN**	**VALOR PONDERADO**	**CALIFICACIÓN**	**VALOR PONDERADO**	**CALIFICACIÓN**	**VALOR PONDERADO**
Es adecuada para la actividad a desarrollar	0,06	10	0,6	10	0,6	10	0,6	10	0,6
Tamaño	0,06	8	0,48	8	0,48	8	0,48	6	0,36
Puerto USB 2.0 al computador	0,08	10	0,8	10	0,8	10	0,8	10	0,8
Captura la imagen directamente al ordenador	0,08	10	0,8	10	0,8	10	0,8	10	0,8
Es compatible con la aplicación LabView	0,08	10	0,8	0	0	10	0,8	0	0
Compatibilidad con Windows XP/VISTA	0,08	10	0,8	10	0,8	10	0,8	10	0,8
Tiene estabilidad al colocarse en el microscopio	0,06	10	0,6	10	0,6	10	0,6	10	0,6
Resolución máxima	0,10	6	0,6	6	0,6	8	0,8	6	0,6
Formatos de archivo	0,05	8	0,4	7	0,35	9	0,45	8	0,4
Es regulable la calidad de imagen	0,03	6	0,18	6	0,18	6	0,18	6	0,18
Posee software de instalación	0,05	10	0,5	10	0,5	10	0,5	10	0,5
Emite ruido	0,05	10	0,5	10	0,5	10	0,5	10	0,5
Accesibilidad	0,12	4	0,48	4	0,48	6	0,72	4	0,48
Precio	0,10	7	0,7	8	0,8	7	0,7	10	1
TOTAL	1		**8,24**		**7,49**		**8,73**		**7,62**

Fuente: Autores

La principal ventaja de las cámaras digitales con adaptación USB es que son más rápidas porque trasmiten los datos directamente al computador.

El software que utiliza LabVIEW posee una librería completa para leer cámaras USB, por ello se escogió este tipo de conexión para nuestra cámara digital.

Se realizó una comparación entre cuatro cámaras de distintos proveedores para lo cual se analizó 14 parámetros mediante una tabla de ponderación para de esta manera elegir la más adecuada y óptima para este trabajo de investigación.

Los parámetros que consideramos primordiales para la selección de la cámara son:

- La accesibilidad. es uno de los factores importantes ya que es necesario saber si la cámara adecuada la podemos encontrar dentro del país o si es factible importarla. La cámara con mejor calificación es la RENUSCO DTM-300 ya que están disponibles dentro del país.

- El precio. es otro factor importante ya que existen cámaras en el mercado con precios muy altos pero que no cumplen con las especificaciones necesarias para la investigación que llevamos a cabo. La cámara que posee el precio más accesible es la PAXcam, sin embargo esta no cumple con el resto de características puesto que no es factible importarla, además la resolución no es la adecuada y no es compatible con LabVIEW.

- Resolución máxima.es importante tomar en cuenta este factor ya que nuestro estudio metalográfico depende de la elección de la cámara con mejor resolución para capturar fotografías que revelen las micro-estructuras de manera clara para hacer posible la comparación en el programa de LabVIEW.La cámara con mejor resolución es la RENUSCO DTM-300 que posee tres megapíxeles; es importante también tomar en cuenta que la resolución tampoco debe excederse ya que causa inconvenientes en el momento de transmitir la imagen al ordenador ya que el enfoque en el microscopio se torna demasiado pausado.

- Puerto USB, captura de la imagen directamente al ordenador, compatibilidad con la aplicación LabVIEW, compatibilidad con WINDOWS XP/VISTA: estos factores fueron asignados con el mismo valor de las cuales todas poseen conexión con puerto USB, son compatibles con estas versiones de WINDOWS y capturan la

imagen directamente al ordenador pero solo SPI Supplies y la RENUSCO DTM-300 son compatibles con LabVIEW.

- Adecuado para la actividad a desarrollar, tamaño, estabilidad al colocarse en el microscopio. Factores importantes en la elección la cámara y todas son adecuadas para la investigación para desarrollar ya que están diseñadas exclusivamente para trabajar con el microscopio metalográfico. La única cámara que no poseía un tamaño adecuado es la PAXcam ya que es un poco más grande que las demás y no tiene la estabilidad necesaria para tomar las fotografías de manera correcta su uso se enfoca a microscopios que no son aptos para estudios en laboratorios metalográficos.

- Formatos de archivo, posee software de instalación, emite ruido, factores que también tomamos en cuenta y todas las cámaras cuentan con un software de instalación, y no emiten ruido; y la RENUSCO DTM-300 permite grabar las imágenes en varios formatos de imagen (BMP, TIFF, JPG, PICT, SFTL), por lo que es una cámara versátil y útil en nuestra investigación.

- Es regulable la calidad de imagen, todas se pueden regular los colores y calidad de la imagen mediante el software propio de cada cámara., pero RENUSCO DTM-300 posee más características que nos permite configurar en colores reales las imágenes.

Al realizar este análisis comparativo entre los distintos tipos de cámaras, encontramos que la que más se ajusta a nuestros parámetros es la cámara **RENUSCO DTM-300.** Ya que obtuvo el mayor puntaje en la tabla de ponderación con un valor de 8,73.

Puesto que su accesibilidad, precio y adquisición son factibles, es compatible con LAbVIEW y posee una resolución de 3 mega pixeles además se puede configurar los colores reales.

Información del proveedor

RENUSCO serie de cámaras digitales es de nuevo desarrollo de la compañía cámara digital en color, de alta resolución, alta precisión, sin ruido, la reproducción del color es buena, la cámara utiliza una interfaz USB 2.0 estándar, fácil de usar, aplicable en la

producción industrial, la salud, la investigación, la educación, la seguridad pública, transporte, seguridad, automatización de oficinas y otros campos.

Configuración seleccionable

Adaptador de interfaz con la lente del ocular electrónico integral, es decir se puede utilizar directamente con el orificio ocular

Sobre la cámara RENUSCO DTM300

DTM300 (USB2.0), es una cámara digital de diseño profesional para microscopio. Funciona perfectamente con todos los tipos de microscopios ópticos, tales como microscopio biológico, microscopio metalúrgico y estereomicroscopio.

Las imágenes de la muestra observada son trasmitidas directamente al ordenador. El potente software avanzado *ScopePhoto* incluido con la cámara garantiza un funcionamiento simple y conveniente en las imágenes capturadas del microscopio.

Tabla 73. Especificaciones de la cámara RENUSCO DTM-300

RENUSCO DTM-300	
Sensor de imagen	1/2” Color 3M CMOS
Tamaño del pixel	3.2μmX3.2μm
Sensibilidad (v / lux-sec @ 550 nm)	1.5
Resolución máxima (Hardware)	2048 X 1536 3M píxeles
Velocidad (Dependerá de la PC)	<11frames/sec @ 2048 X 1536
Respuesta espectral	380nm～1000nm
Rango Dinámico	70 dB
Longitud de onda (nm)	400-650nm (IR-Cut en el original)
Exposición	ERS (Snap balanceo electrónico)
Balance de blancos	Automático / Manual
Auto-exposición	Automático / Manual

Tabla 73. (continuación)

Imagen de salida	USB 2.0, 480 Mb / s
Fuente de alimentación	USB2.0
Control programable	Tamaño de la imagen, el brillo, la ganancia, el tiempo de exposición
Temperatura de trabajo	-10 ° C ~ 55 ° C
Vista de campo	Rectángulo inscrito de Φ18 mm
Uso	De tubo-ocular o foto-tubo en el microscopio
Formato de archivo	BMP, TIFF, JPG, PICT, SFTL etc.
Interfaz	USB, conexión en encendido y de empuje, un cable USB de 1,5 m de longitud
Sistema operativo	Windows 2000/XP (SP2) / / Vista32BIT
Software	Driver MiniSee, ScopePhoto
Peso	4,8 oz sin adaptador ocular
Cuerpo de la cámara	Cuerpo ennegrecido metálico de forma rectangular.

Fuente: Autores

Características

DTM300 emplea un nuevo diseño del sistema óptico totalmente revestido, sobre la base de MTF (Modulation Transfer Function) análisis, para mejorar la planitud y el contraste de la imagen. Las imágenes son más brillantes y distintivas, incluso en la periferia del campo de visión.

Ofrece un excelente rendimiento cuando se combina con el sistema de objetivos plan-acromáticos. Especialmente, este sistema está diseñado para microscopio y coincide con los caracteres específicos del mismo, tales como el campo de visión de ocular WF10X - 18mm y la focalización nominal de objetivos.

Figura 103. Cámara RENUSCO DTM-300

Fuente: Manual RENUSCO DTM-300

Para cualquier observación del microscopio de la cabeza, es decir, la cabeza monocular, cabezal binocular o trinocular, DTM300 se puede insertar directamente en el tubo-ocular o la foto-tubo. Con el Φ30mm adaptador o el adaptador de Φ30.5mm, también es viable en un microscopio estereoscópico. La operación es tan simple que puede funcionar perfectamente con todo tipo de microscopios.

Si el microscopio adaptado con DTM300 está conectado a tierra sin duda, el cuerpo metálico de DTM300 asegura maravillosa anti- interferencia. En base a la temperatura de color de la iluminación del microscopio, el diseño hace que ofrezca muy buena calidad de color. La imagen capturada está disponible con color verdadero.
Nota: Todas las funciones detalladas deben modificarse en el software ScopePhoto,

Introducción a ScopePhoto

ScopePhoto es un software de procesamiento de imágenes de diseño profesional para cámaras digitales, incluyendo SCOPETEK DCM35, DCT35, DCM130, DCT130, DCM210 y DCT210, DCM300, DCT300.

Excepto la operación de archivo de imagen básica y el procesamiento, el ScopePhoto tiene las siguientes características especialmente diseñadas para el análisis científico de la imagen capturada por la cámara u otros dispositivos de captura de imágenes.

Las principales funciones de la ScopePhoto se enumeran de la siguiente manera:

1. Imagen de archivo con datos de archivo adjunto (formato* .Sft, también se admiten otros formatos).

2. La captura de imágenes a través de DirectShow, VFW (Video forWindows) y la interfaz Twain.

3. Corte de imagen y pegar de imagen la imagen, en la imagen para presentar.

4. Las operaciones básicas de imagen como otros programas similares se incluyen en el menú Imagen. Aquí usted puede ajustar la imagen a nuestra preferencia.

5. Funcionamiento de la capa de imagen especialmente diseñado para la operación de medición (técnica de capa se utiliza para separar los resultados medidos y los diferentes resultados se puede poner en diferentes capas).

6. Filtro de procesamiento de imagen para reducir el ruido y mejora (filtros de mejora de imágenes, filtros de realce de bordes, filtros de operación morfología, definidos por el usuario, incluye filtro de núcleo de convolución y filtros morfológicos).

7. Operación aritmética imagen entre imagen e imagen, la imagen y el número digital (incluyendo AND, OR, XOR, NAND , NOR, NOT, suma, resta, multiplicación, división, Absolute, Min, Max, Normal, Invertir, logarítmica, exponencial, raíz cuadrada, Cuadrado, X a la potencia de operación Y).

8. Pseudocolor de imagen, rango, las operaciones de segmentación también se incluyen en la aplicación.

9. Zoom de Imagen y operaciones panorámicas.

CAPÍTULO V

5. MONTAJE DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

5.1 Montaje de la cámara fotográfica y sus accesorios

Para poder visualizar las imágenes del microscopio al ordenador (por primera vez) debemos seguir los siguientes pasos:

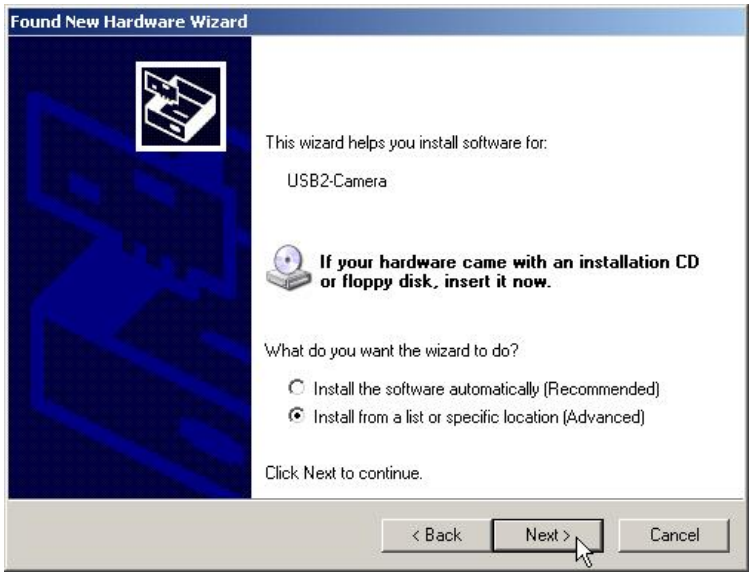
- Insertamos DCM300 conector USB (USB 2.0) en el puerto USB 2.0 del ordenador. Debemos insertar el dispositivo en el puerto USB 2.0, de lo contrario, el dispositivo no funcionará con normalidad. Debe aparecer un cuadro de diálogo Nuevo Asistente para hardware encontrado. Seleccionamos “no esta vez” y pulsamos Siguiente>.

Figura 104. Nuevo asistente para hardware encontrado

Fuente: Manual RENUSCO DTM300

- Un nuevo cuadro de diálogo aparecerá como se muestra en la Figura 105, y marcamos "Instalar desde una lista o ubicación específica (avanzado)" y pulsamos el botón Siguiente>.

Figura 105. Cuadro de diálogo instalar desde una lista o ubicación específica



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

- Se abrirá un cuadro de diálogo: "Elija sus opciones de búsqueda e instalación" como se muestra en la Figura 106, marcamos "Incluir esta ubicación en la búsqueda", y pulsamos el botón "Buscar".

Figura 106. Cuadro de diálogo “elija sus opciones de búsqueda e instalación”

Fuente: Manual RENUSCO DTM300

- Seleccionamos el directorio adecuado en "Buscar carpeta" ventana de diálogo que tenemos en la Figura 107, DTM300 (USB2, 0) 's archivos del controlador dcm300.inf y dcm300.sys, pulsamos el botón Aceptar, el programa volverá a la al cuadro de diálogo de la Figura 104, pero el nombre del directorio se cambió como se muestra en la Figura105 (si ha se instalado antes, no va a cambiar, entonces sólo tiene que pulsar el botón Siguiente>.

Figura 107. Cuadro de diálogo búsqueda de carpeta

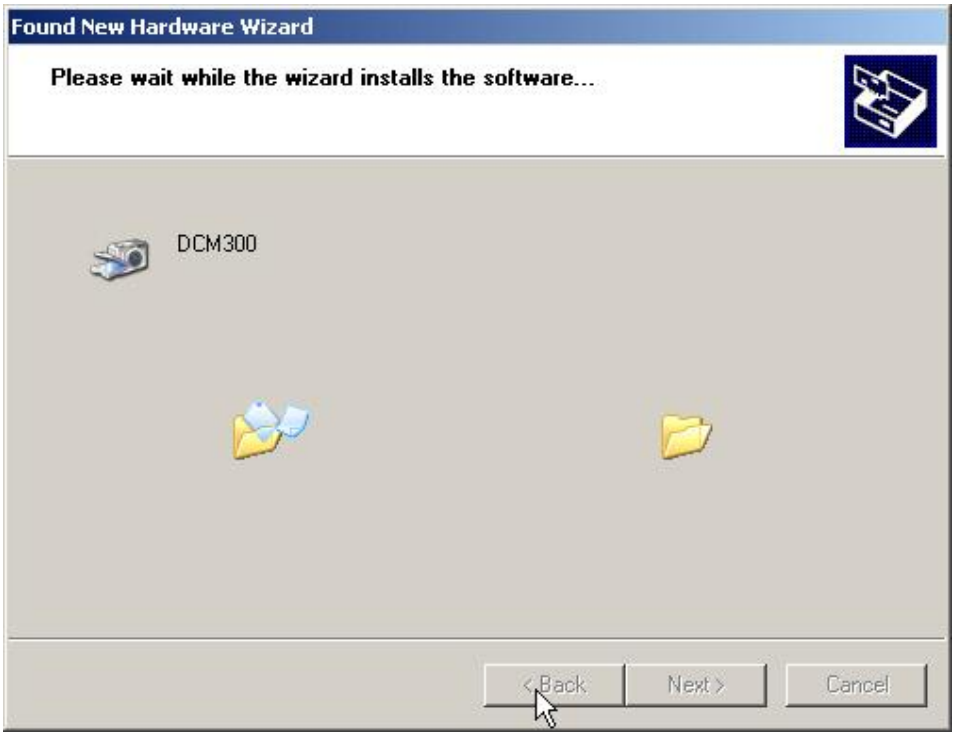
Fuente: Manual RENUSCO DTM300

- Pulsamos el botón Siguiente> como se muestra en la Figura108, la aplicación comenzará a copiar los archivos del controlador en la carpeta de destino, como se muestra en la Figura109.

Figura 108. Cuadro de diálogo “elija sus opciones de búsqueda e instalación”

Fuente: Manual RENUSCO DTM300

Figura 109. Cuadro de diálogo “instalación”



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

- Algunas veces se nos abrirá un cuadro de diálogo de advertencia, sólo tiene que pulsar el botón "Continuar".

Figura 110. Cuadro de diálogo de advertencia

Fuente: Manual RENUSCO DTM300

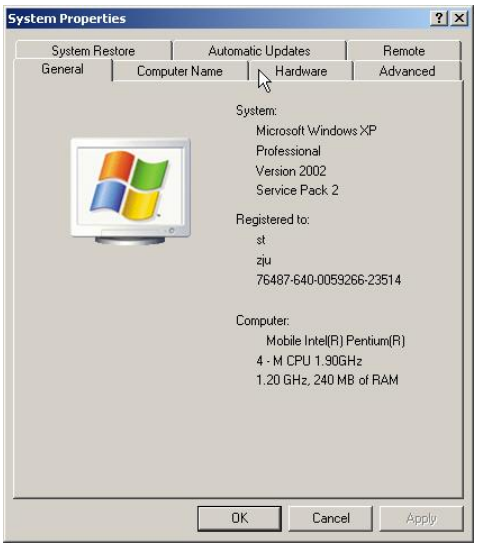
- El asistente de instalación continuará para copiar el archivo en el directorio de destino. Después de que todo ha terminado aparecerá un cuadro de diálogo de: "Finalización del Asistente para hardware nuevo encontrado" aparecerá. Pulamos el botón "Finalizar" para finalizar la instalación del controlador.

Figura 111. Cuadro de diálogo finalización del asistente para hardware nuevo encontrado

Fuente: Manual RENUSCO DTM300

- Para comprobar las propiedades de hardware, hacemos clic derecho en el icono Mi PC y seleccionamos "Propiedades" en el menú emergente, debería aparecer un cuadro de diálogo de propiedades como se muestra en la Figura 112.

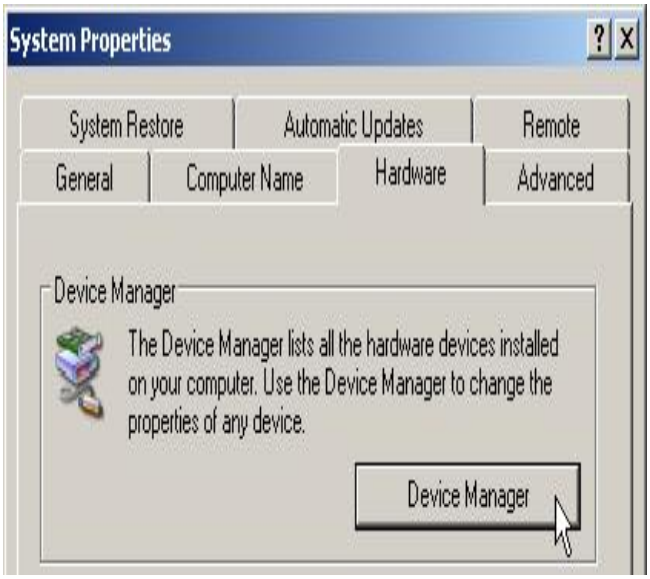
Figura 112. Cuadro de diálogo propiedades



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

- Hacemos clic en la página de hardware.

Figura 113. Página de hardware



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

- Hacemos clic en Device Manager->, y aparecerá un nuevo cuadro de diálogo como se muestra en la Figura 116. Damos clic en la imagen del dispositivo que se acaba de instalar, que se llama DTM300.

Figura 114. Device manager

Fuente: Manual RENUSCO DTM300

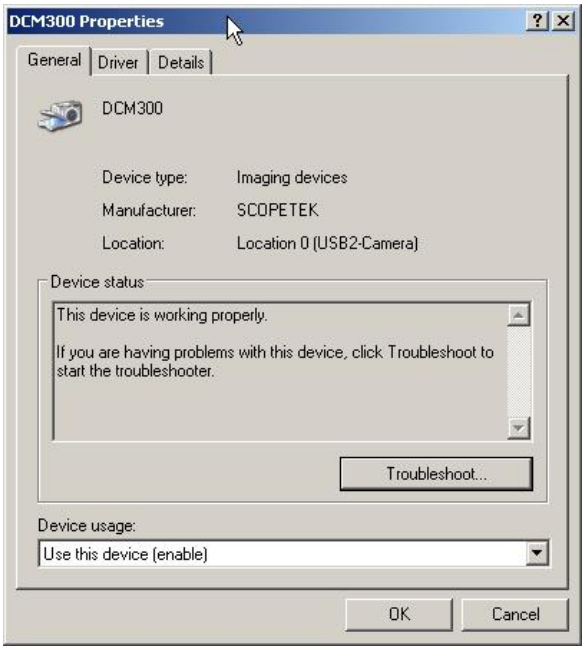
- Damos clic derecho sobre DTM300 y aparecerá un menú como se muestra en la Figura 115.

Figura 115. Propiedades

Fuente: Manual RENUSCO DTM300

- Hacemos clic en Propiedades y se mostrarán las propiedades de DTM300.

Figura 116. Propiedades de DCM300



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

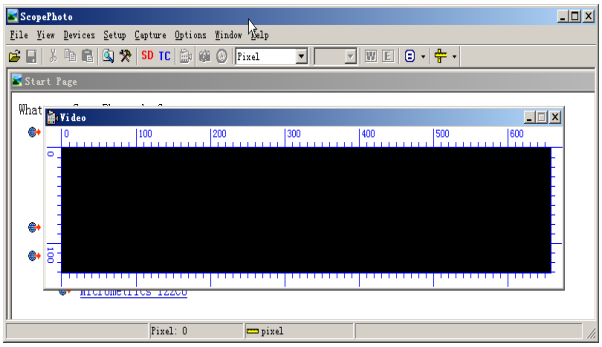
Cómo iniciar DTM300 (USB2.0)

- Conectar DTM300 (USB2.0) en el puerto USB 2.0 del ordenador s. Recordemos que debemos insertar el dispositivo en el puerto USB 2.0, de lo contrario, el dispositivo no funcionará con normalidad.

- Colocamos el adaptador para microscopio en la cámara.

- Montamos la cámara en el microscopio.
- Ejecutamos el software ScopePhoto que se ha instalado desde el CD.
- Damos clic en el botón  en la barra de herramientas,  , aparecerá una ventana de vídeo con fondo negro como se muestra en la Figura 117.

Figura 117. Ventana de vídeo con el fondo negro



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

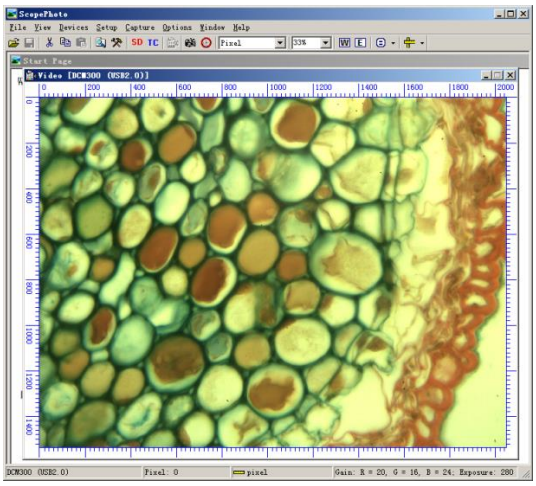
Seleccione el menú, configuración, la ventana de configuración aparecerá como se muestra en la Figura 118.

Figura 118. Configuración

Fuente: Manual RENUSCO DTM300

Seleccionamos el menú Device-> DTM300 (USB2.0), y comenzará la secuencia de vídeo del dispositivo DTM300 (USB2.0) y una vez que enfocamos bien procedemos a capturar la imagen.

Figura 119. El flujo de vídeo



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

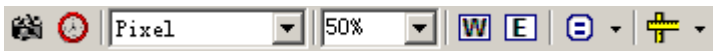
Cómo tomar una foto de DTM300

Damos clic en el botón de Snape, se capturará la imagen y se guardará en la carpeta DSCAMDEMO.EXE.

Cómo modificar el tamaño de la imagen

La resolución de hardware de DCM300 (USB2.0) es 2048X1536. El DCM300 Soporta 800x600, 1024x768, 1280x1024, 1600x1200, 2048X1536. Podemos cambiar el tamaño de la vista previa de vídeo a través del menú Device-> Tamaño-> 800X600 (o 1024x768, 1280x1024, 1600x1200, 2048x1536) de acuerdo a lo que se desee.

Como siempre, para el tamaño de mayor resolución, la pantalla puede no ser capaz de mostrar todo el tamaño del video, por lo tanto, contamos con la ayuda de un icono 

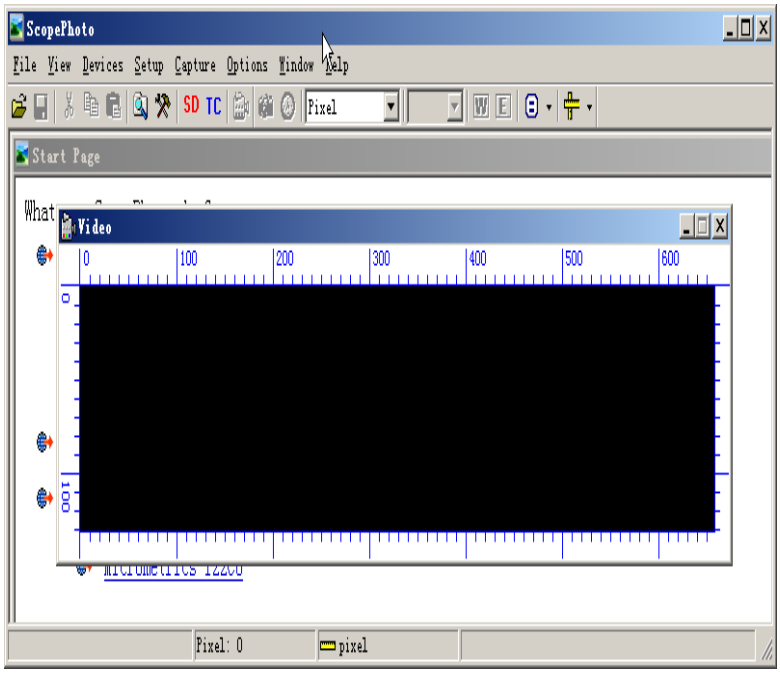
en la barra de herramientas 

que nos permite hacer zoom de la ventana de vídeo de tamaño adecuado para proceder a capturar la imagen.

¿Cómo detener la operación de pre-visualización de imagen?

Seleccionamos Configuración-> submenú Detener detendrá la operación de pre-visualización de imagen y la ventana de vídeo cambia a la Figura 120.

Figura 120. Operación de pre-visualización



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

Cómo ver la imagen en formato de pantalla completa

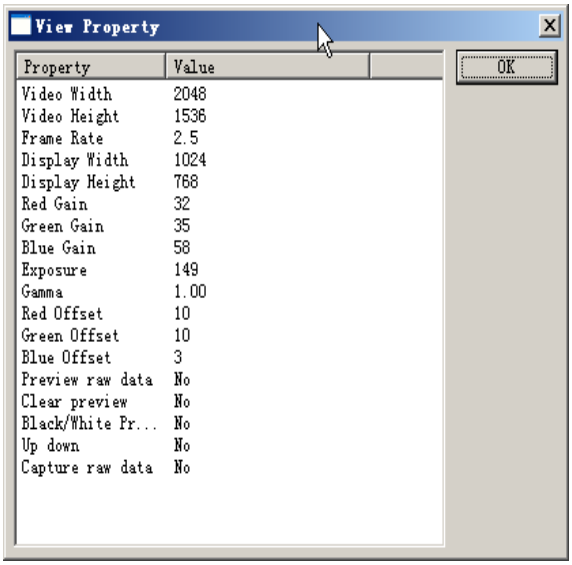
a. Presionamos ESC y entrará en la operación de visualización en pantalla completa. Presionamos ESC nuevamente y se restaurará el estilo de vista previa anterior.

b. Seleccionamos el menú Configuración-> Pantalla completa y también nos dará la operación de visualización en pantalla completa.

Cómo ver las propiedades del hardware DTM300

Seleccionamos Configuración-> Ver Propiedades y se abrirá un cuadro de diálogo como se muestra en la Figura 121.

Figura 121. Cuadro de diálogo propiedades de DCM300

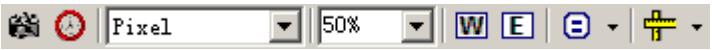


Fuente: Manual RENUSCO DTM300

Cómo realizar la operación de balance de blancos automático

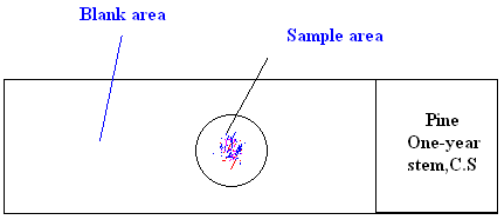
Al insertar DTM300 en la cabeza trinocular del microscopio, ejecutamos ScopePhoto, y empezamos a ver el video de la imagen, pues el color del video a simple vista no es satisfactorio, para obtener la verdadera imagen del microscopio, es necesario realizar la operación de balance de blancos automático. Una vez finalizada esta operación, se puede realizar otra operación como la exposición automática, etc.

El funcionamiento del balance de blancos automático es una operación importante, podemos ir al menú de Configuración -> Balance de blancos automático especial para que el usuario realice la operación de balance de blancos automático.

También puede realizar esta operación con el icono  en la barra de herramientas 

. El balance de blancos automático fijará el mejor Green, ganancia de rojo y azul automáticamente.

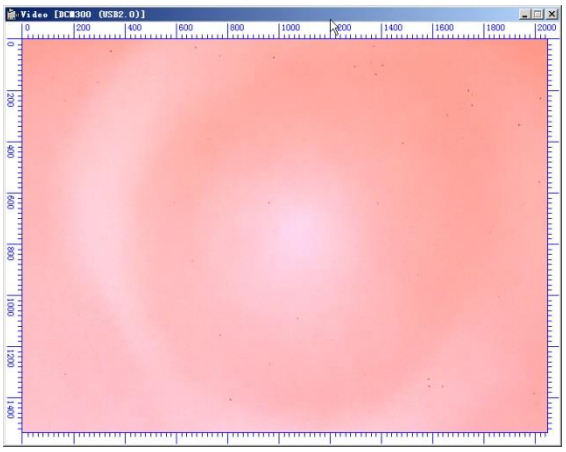
Figura 122. Ejemplo de observación



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

Para realizar esta operación, primero se debe poner al área de color negro tapando el campo de visión, el video se verá como en la Figura 123, podemos encontrar el video es un poco rojo.

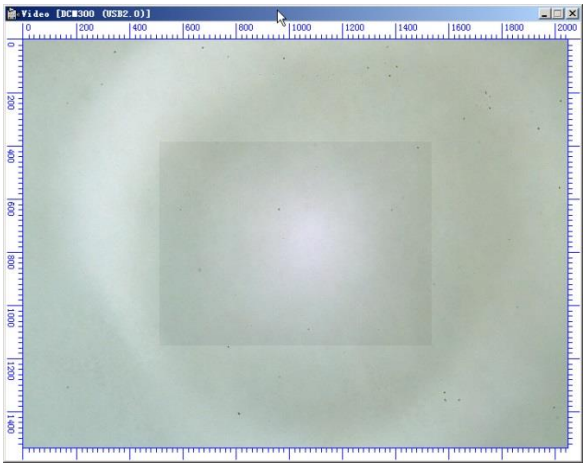
Figura 123. Video antes de la operación de balance de blancos automático



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

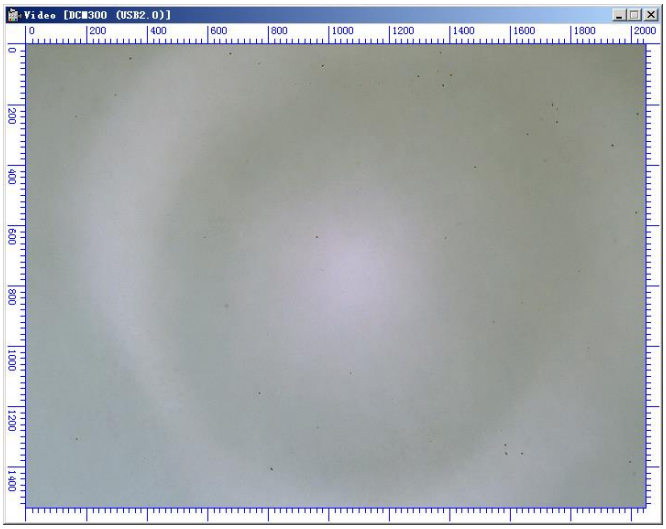
Pulsamos el botón  , la aplicación comenzará a ajustar, el rectángulo central es la zona de balance de blancos automático, esto tardará un cierto tiempo, como se muestra en la Figura124, después que la operación ha terminado, el vídeo se parece a la Figura125.

Figura 124. Vídeo en el proceso de operación de balance de blancos automático



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

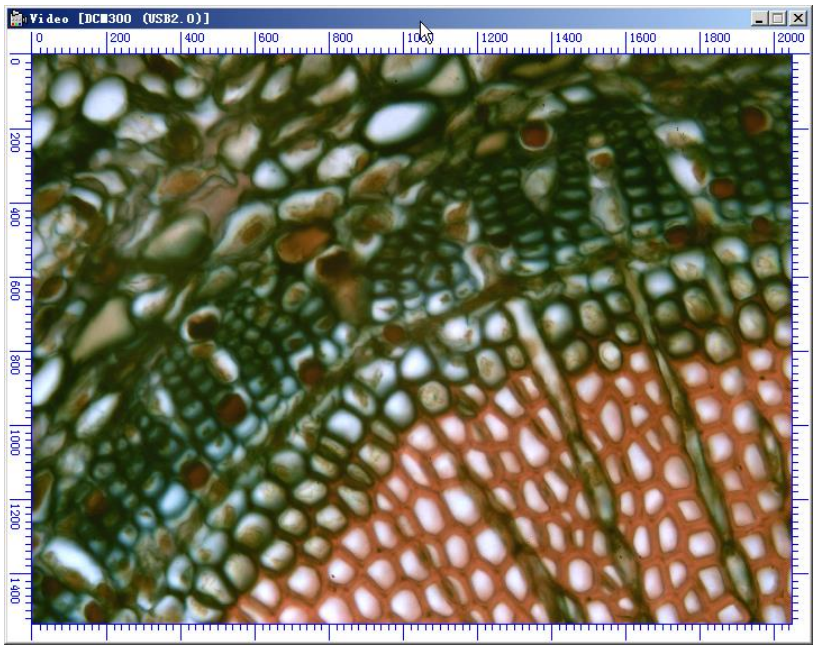
Figura 125. Vídeo después de la operación de balance de blancos automático



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

Una vez finalizada la operación de balance de blancos automático, despapamos el campo de visión del microscopio y enfocamos con las lentes, el video mirado será como en la el siguiente Figura 126.

Figura 126. Video de la zona de la muestra después de la operación de balance de blancos automático



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

Si el vídeo es demasiado oscuro o brillante, entonces se puede realizar la operación de exposición automática para obtener la imagen de una exposición adecuada.

Nota: Sólo es necesario para realizar la operación de balance de blancos automático en el momento en que se cambia la fuente de luz del microscopio, se guardarán los datos originales después de que el usuario salga de la aplicación, la próxima vez que inicie la aplicación y empiece a ver el vídeo, no es necesario realizar la operación de balance de blancos automático nuevamente.

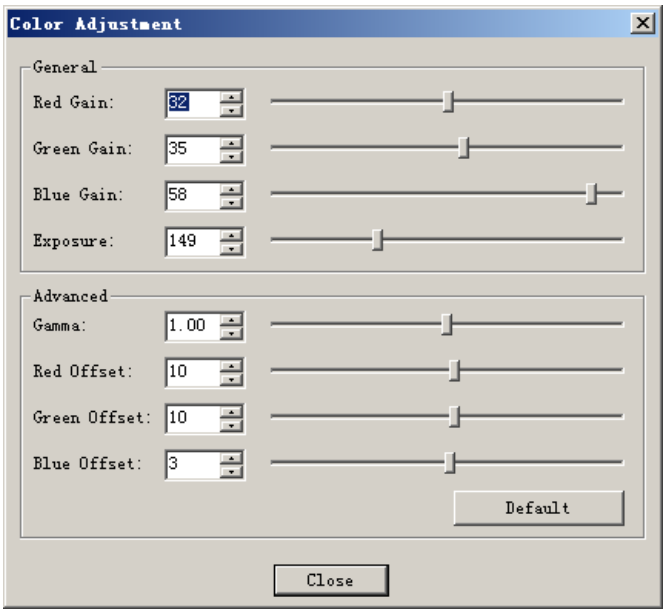
Cómo llevar a cabo la operación de exposición automática

Para asegurar la exposición exacta del sensor para obtener la imagen normal, también contamos con un menú especial Setup-Exposición automática para que el usuario realice la operación de exposición automática.

También puede realizar esta operación con el icono, ubicado en la barra de herramientas.

Cómo ajustar el color de vídeo

Figura 127. Cuadro de diálogo ajustes



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

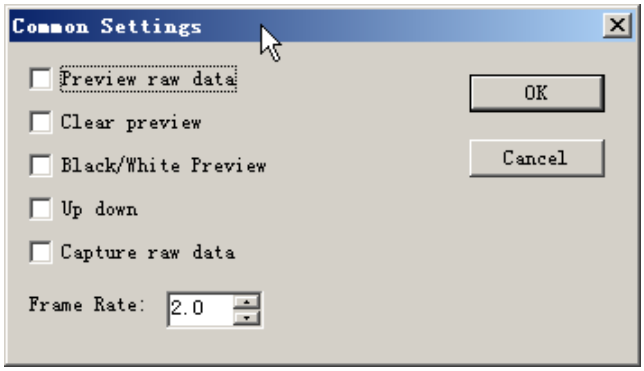
Si se realiza una operación de balance de blancos automático, el valor de los colores, verde, azul, rojo son los mejores. La Figura 128 muestra estos valores de color en el cuadro de diálogo ajustes.

Se pueden modificar las barras de desplazamiento de cada uno, el verde, el aumento de rojo, o azul para obtener el color de vídeo que se desee. Un ajuste de avance

también se puede realizar a través del ajuste de gamma, compensación roja, verde y azul desplazamiento compensados.

Cómo realizar un conjunto de valores

Figura 128. Cuadro de diálogo común para la vista previa de vídeo



Fuente: Manual RENUSCO DTM300

La Configuración común le permitirá realizar algunas operaciones especiales en la imagen / vídeo, tales como:

- *Vista previa de los datos en bruto:* Esto le permitirá visualizar los datos en bruto de vídeo sin ninguna operación adicional.

- *Clear Vista previa:* Para ver el vídeo en el estilo más claro.

- *Negro / blanco Ver:* Ver el vídeo en modo blanco / negro.

- *Hasta abajo:* Esto permite voltear el video de arriba a abajo y de abajo a modo de configuración.

- *Captura de datos en bruto:* La imagen capturada tendrá el formato de datos en bruto.

- *Velocidad de cuadros:* puede establecer la velocidad de fotogramas de un número adecuado para que el ordenador ejecute de la mejor manera.

CAPÍTULO 6

6. AUTOMATIZACIÓN Y PRUEBAS DEL ANÁLISIS METALOGRÁFICO

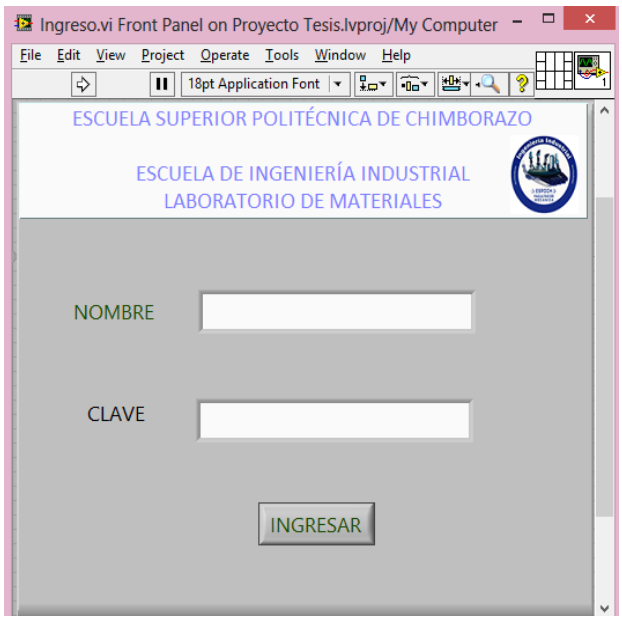
6.1 Programación con la aplicación LabVIEW

En el presente capitulo describiremos el proceso de programación, en LabVIEW 2011, que cuenta con las herramientas necesarias para el procesamiento de imágenes (VISION & IMAQ); el cual nos permitirá automatizar la observación de la microestructuras de los materiales ferrosos y no ferrosos.

Figura 129. Pantalla de inicio LabVIEW 2011

Fuente: Software LabVIEW 2011

Figura 130. Pantalla de inicio del programa



Fuente: Software LabVIEW 2011

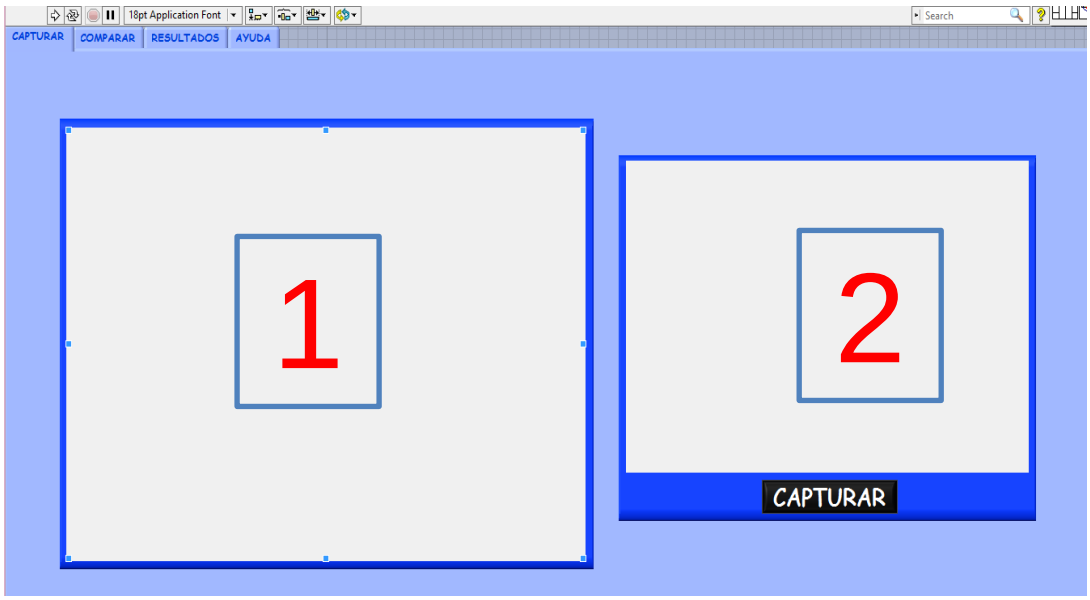
Aquí se visualiza la pantalla de inicio, que sirve para acceder al programa, donde deberemos ingresar un nombre y una clave para iniciar; podrán acceder 3 tipos de usuarios, cada uno con su nombre y clave diferente; lo cuales son:

Tabla 74. Nombres y claves de usuarios

Nª	USUARIO	CLAVE
1	Estudiante	0000
2	Docente	docente
3	Programadores	123456

Fuente: Autores

Figura 131. Pantalla de captura de imagen

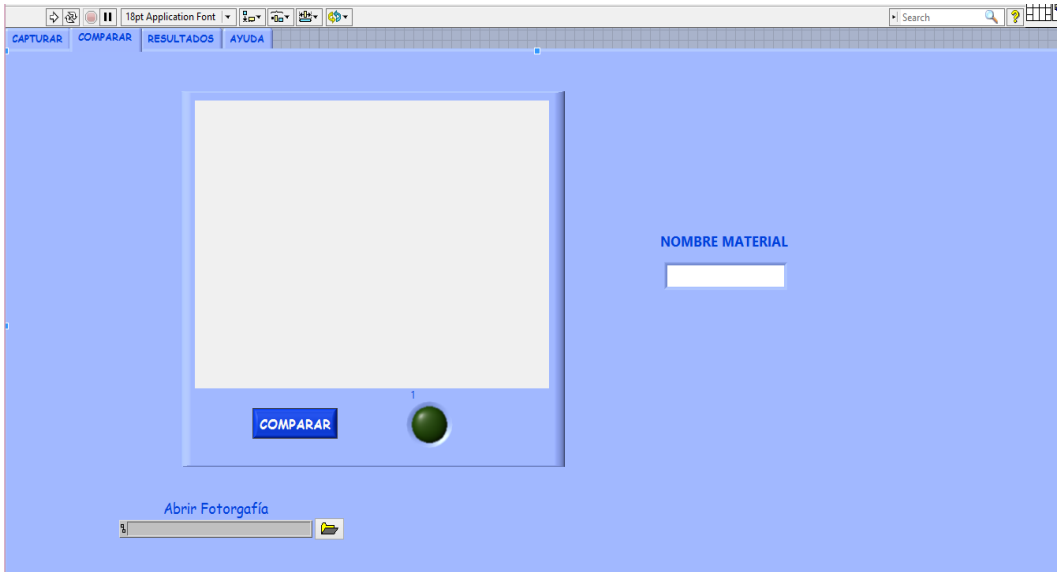


Fuente: Software LabVIEW 2011

El programa desarrollado cuenta con 4 pestañas denominadas “CAPTURAR”, “COMPARAR”, “RESULTADOS” y “AYUDA”

La primera pestaña “CAPTURAR” como se puede apreciar en la figura; consta de dos visualizadores; el número 1 que nos permite observar la imagen desde el microscopio directamente al ordenador, mientras enfocamos correctamente la probeta analizada para proceder a capturar la imagen, lo cual lo realizaremos en el visualizador 2 dando un clic sobre el botón “CAPTURAR”, la imagen tomada se guardará en una carpeta situada en el escritorio del ordenador denominada “FOTOS”.

Figura 132. Pantalla de comparación de imagen



Fuente: Software LabVIEW 2011

En esta pestaña “COMPARAR”, se muestra un visualizador de imagen en el cual abriremos la última fotografía que capturamos para realizar el respectivo análisis del material en estudio.

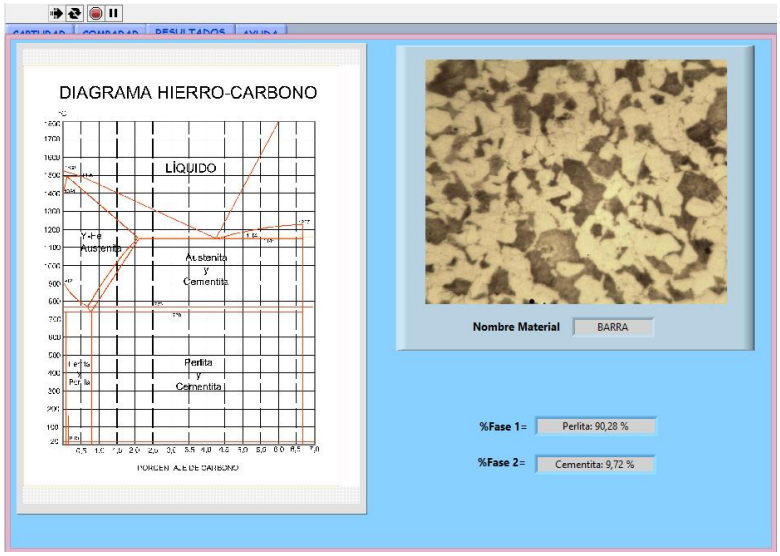
Cuando la imagen ya este cargada damos un clic al botón comparar y esperamos algunos segundos; para que el programa empiece la búsqueda del patrón del material analizado a fin de encontrar las semejanzas suficientes y obtener un resultado, en cuyo caso el botón cambiará de color indicando que la búsqueda ha finalizado satisfactoriamente y en el casillero aparecerá el nombre del material obtenido.

Figura 133. Pantalla de resultados

Fuente: Software LabVIEW 2011

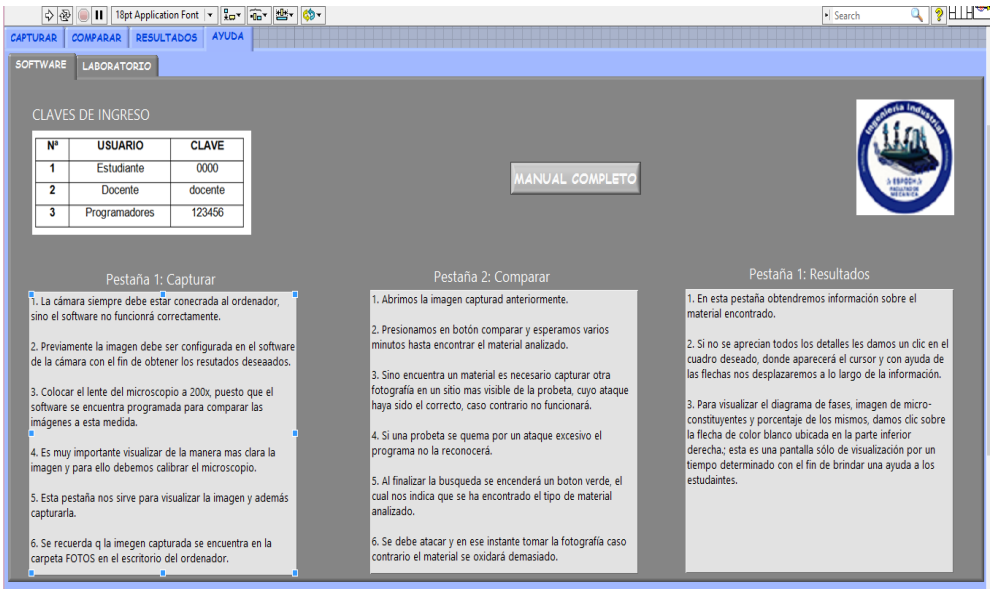
Una vez finalizada la búsqueda en la pestaña anterior damos clic sobre la tercera llamada “RESULTADOS” en donde podremos obtener la información pertinente al material encontrado por el programa, además podemos dar clic en la flecha blanca que se encuentra en la parte inferior derecha para abrir algunos detalles de la probeta, como son su fotografía, el diagrama de fases y el porcentaje de cada una de ellas como se puede apreciar en la Figura 134.

Figura 134. Pantalla adicional



Fuente: Software LabVIEW 2011

Figura 135. Pestaña de ayuda

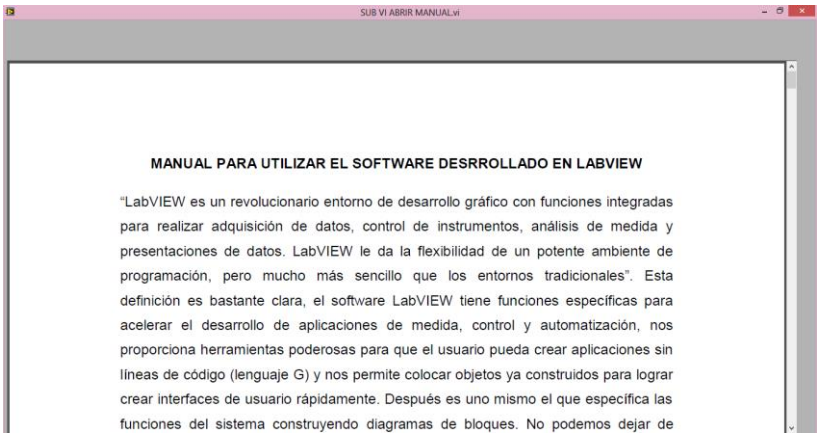


Fuente: Software LabVIEW 2011

En la cuarta pestaña denominada “AYUDA” tenemos 2 sub-pestañas: “SOFTWARE” y “LABORATORIO”.

En la primera sub-pestaña podremos obtener información acerca de la utilidad del programa con consejos claves para su uso con el fin de que funcione correctamente; además se adiciona un botón en el que se obtendrá un manual completo sobre el uso del programa desarrollado; como se muestra en la Figura 136.

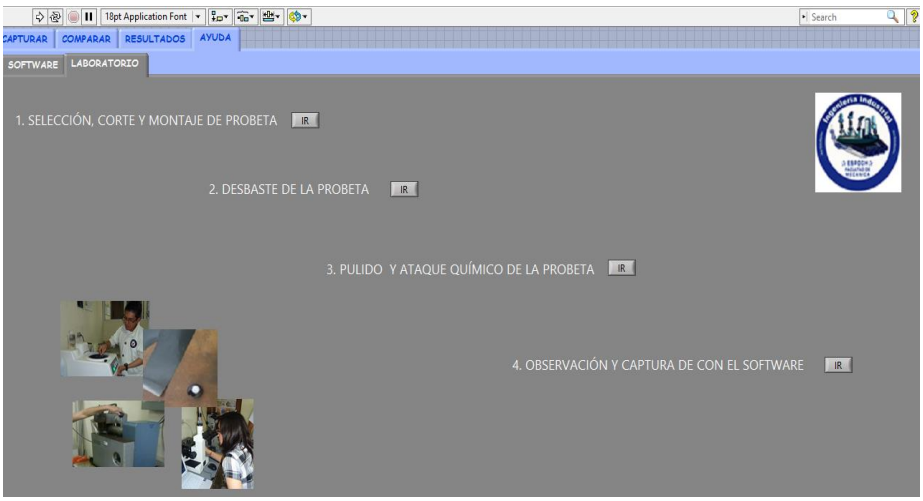
Figura 136. Pantalla de manual completo



Fuente: Software LabVIEW 2011

En la segunda sub-pestaña “LABORATORIO” contamos con los procesos que se aplican en el laboratorio para el análisis de una probeta metalográfica. Cada proceso consta con un botón en el lado derecho; sobre los cuales podemos dar clic derecho para obtener la información de los pasos que se aplican en cada proceso.

Figura 137. Pestaña de ayuda “laboratorio”



Fuente: Software LabVIEW 2011

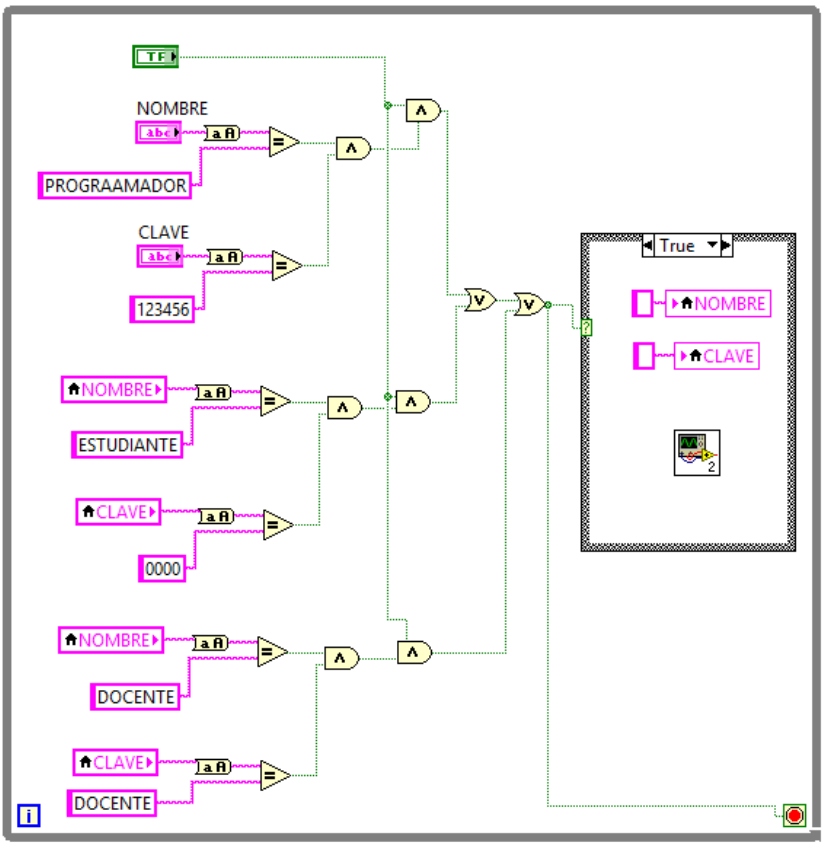
Figura 138. Pantalla de pasos del laboratorio

3. PULIDO Y ATAQUE QUÍMICO DE LA PROBETA				
Nº	Gráfico	Actividad	Descripción	Tiempo
1		Colocamos paño en la pulidora	Éste proceso lo realizamos en un promedio de cada 5 probetas para que el resultado obtenido sea el mejor, puesto que si trabajamos un mayor número de probetas el paño rayaría la superficie de la probeta.	5 min
2		Encendemos pulidora y colocamos alúmina	Al encender la pulidora debemos colocar alúmina sobre el paño para lubricar la superficie de pulido de la probeta.	1 min
3		Pulimos	Éste proceso lo realizamos de afuera hacia adentro en dirección al centro del disco de la pulidora.	7 min

Fuente: Software LabVIEW 2011

A continuación se describirá la programación de todas las pestañas mencionadas anteriormente.

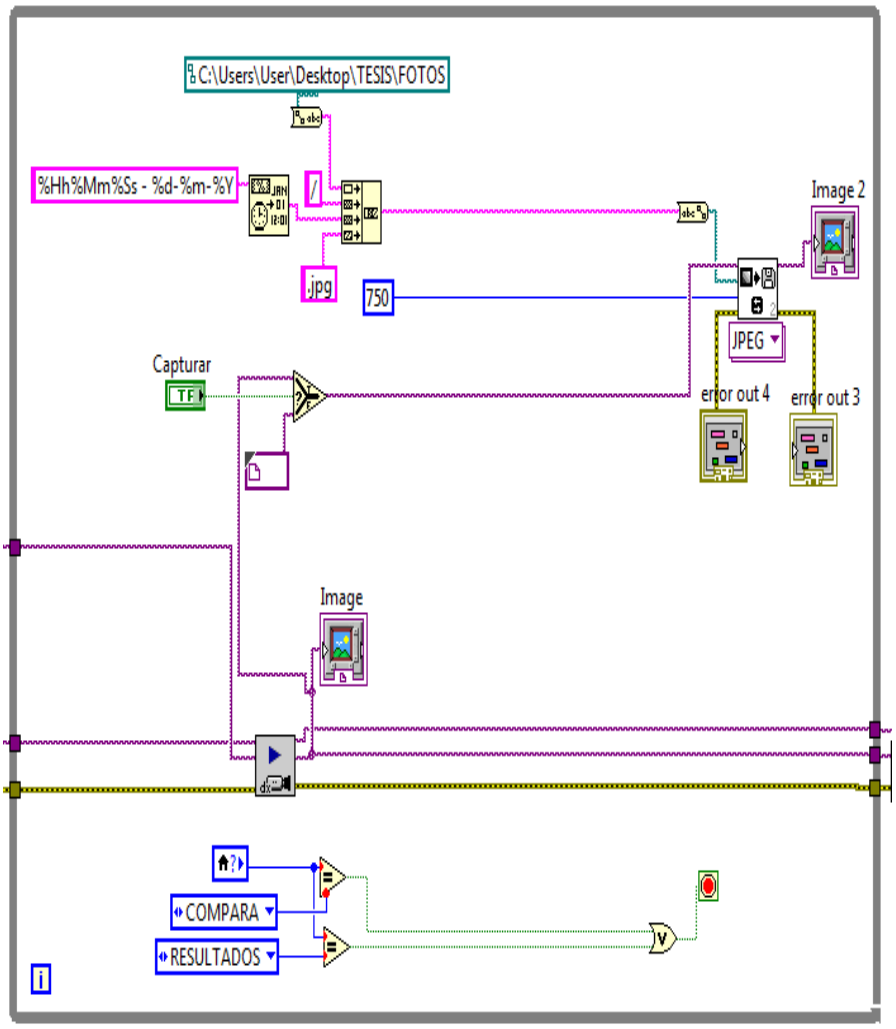
Figura 139. Programación de ingreso



Fuente: LabVIEW

Esta parte del programa nos permite reconocer tres tipos de usuarios con su respectiva clave, y que al momento de pulsar ingresar nos lleva a un SubVI, donde empieza a correr el programa para el análisis de la probeta en estudio.

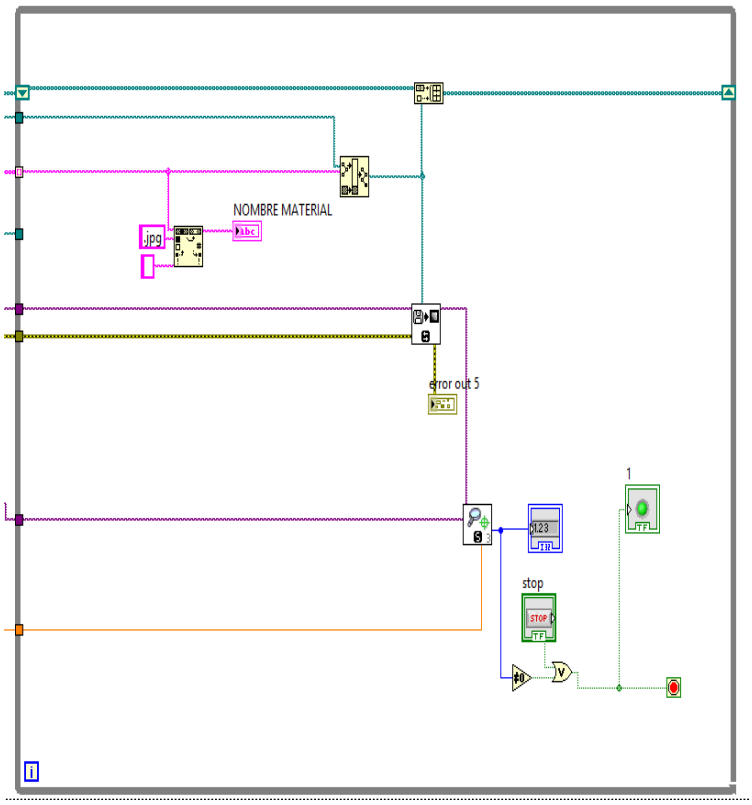
Figura 140. Programación de la captura de imagen



Fuente: Software LabVIEW 2011

Para la obtención de imágenes por medio de la cámara, se utilizó la librería de Vision and Motion, la cual nos da la posibilidad de abrir, captar las imágenes sin grabar, y cerrar la cámara para que esta no utilice recursos del procesador.

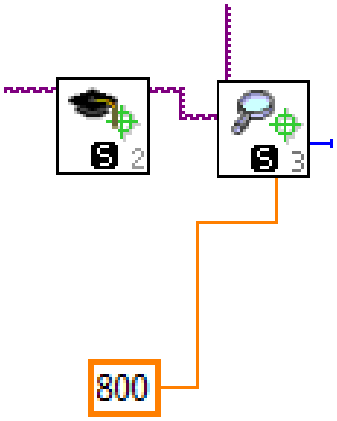
Figura 141. Programación de la comparación de imagen



Fuente: Software LabVIEW 2011

Esta parte del programa nos permite, abrir la imagen capturada anteriormente y que deseamos comparar con los patrones que se encuentran grabados en la carpeta FOTOS LABORATORIO, y cuando obtiene la semejanza con uno de estos automáticamente se enciende una luz de color verde, y para la búsqueda dándonos como resultado el nombre del material.

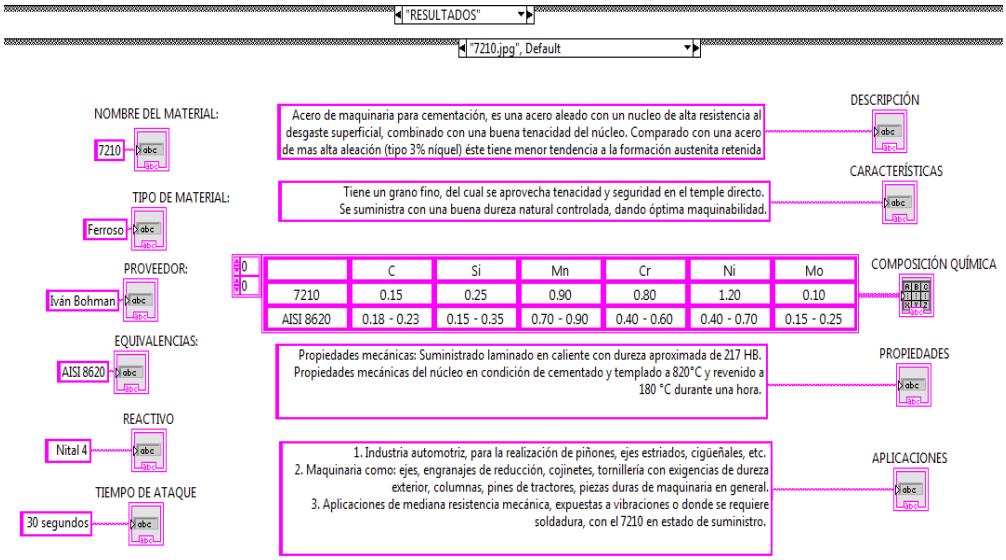
Figura 142. Herramienta para la comparación de imágenes



Fuente: Software LabVIEW 2011

Esta porción de programa es la clave para la comparación de imágenes, esta trabaja con un porcentaje de semejanza de un 80%, además estas herramientas funciona con fotografías de 8bits para ello se convierte la imagen de colores RGB a ESCALAS DE GRIS mediante el mismo programa; sin embargo la fotografía se mantiene con sus colores originales en el momento de tomarla.

Figura 143. Programación de los resultados

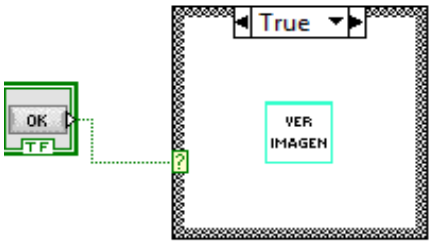


Fuente: LabVIEW

Esta tercera parte del programa contiene una base de datos de los materiales analizados, donde se encuentra la información más importante de cada material.

Para ello se ha utilizado “strigs” dependiendo del resultado de la comparación. Es importante mencionar que es necesario siempre crear una pantalla como “default” que es la base para los demás materiales de esta manera el programa funcionará correctamente.

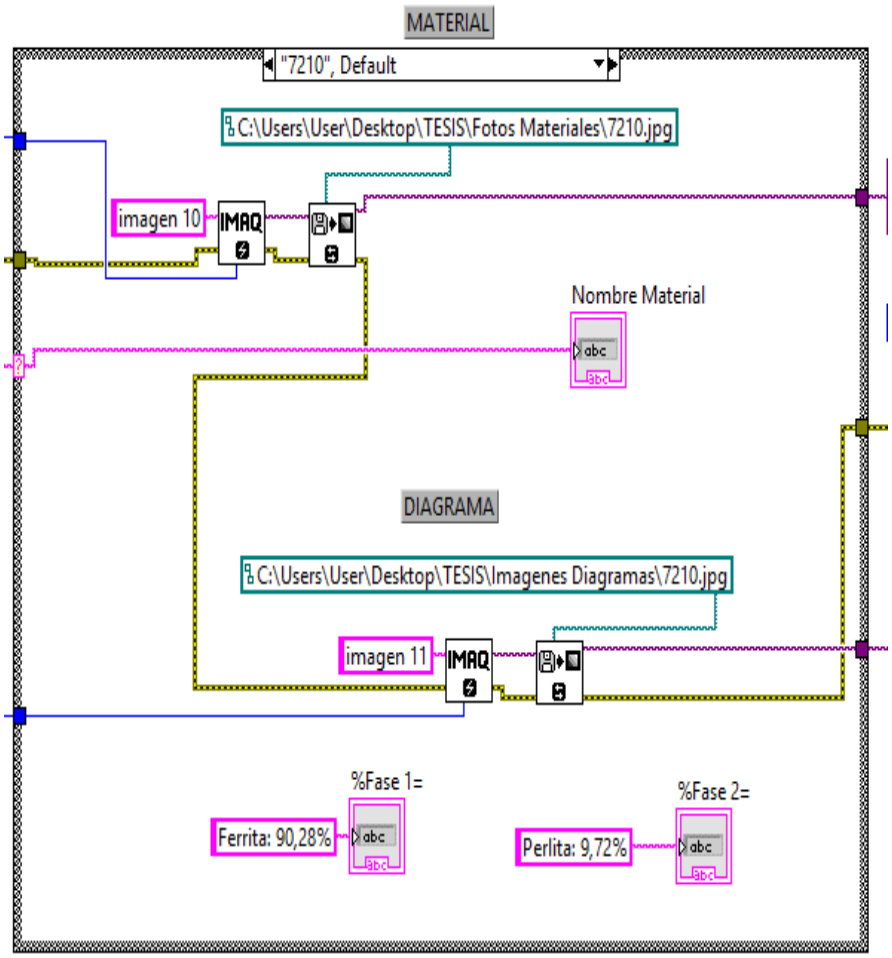
Figura 144. Programación para abrir sub VI “pantalla adicional”



Fuente: Software LabVIEW 2011

Esta porción del programa se encuentra anexada en la pantalla de resultados, grabada con SubVI con el nombre “SUB VI FOTOS”, que nos permita abrir información adicional del material utilizado en caso de ser necesario con el fin de brindar una ayuda a los estudiantes que están realizando la práctica de laboratorio.

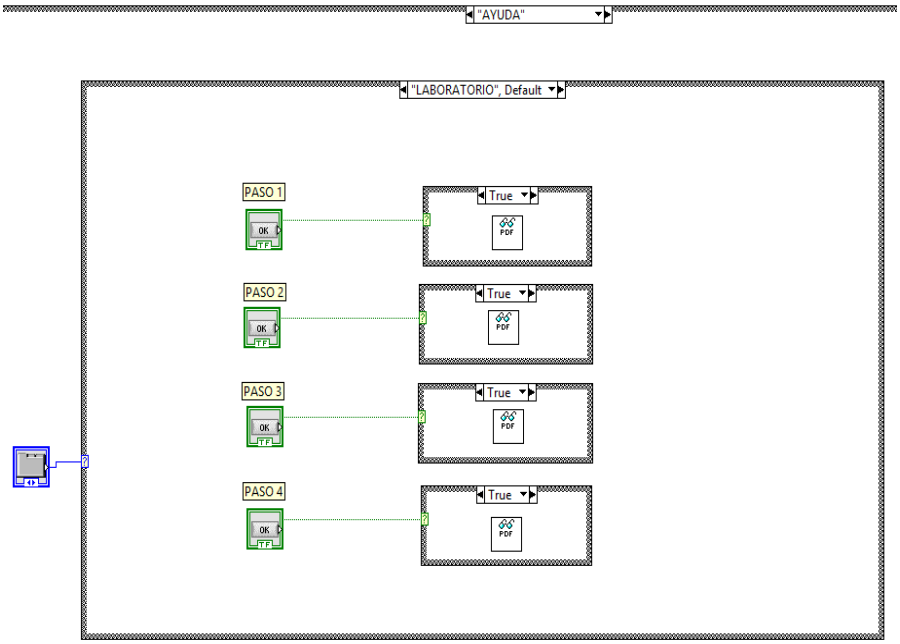
Figura 145. Programación de sub VI “fotos”



Fuente: LabVIEW

Este programa nos permite abrir imágenes del diagrama de fases de cada material, la imagen a colores del material encontrado y el porcentaje de fases. Esta se abre por un tiempo determinado con el fin de servir tan solo como guía de los estudiantes, ya que es trabajo de ellos realizar los respectivos cálculos y análisis de forma manual para luego comprar con el software.

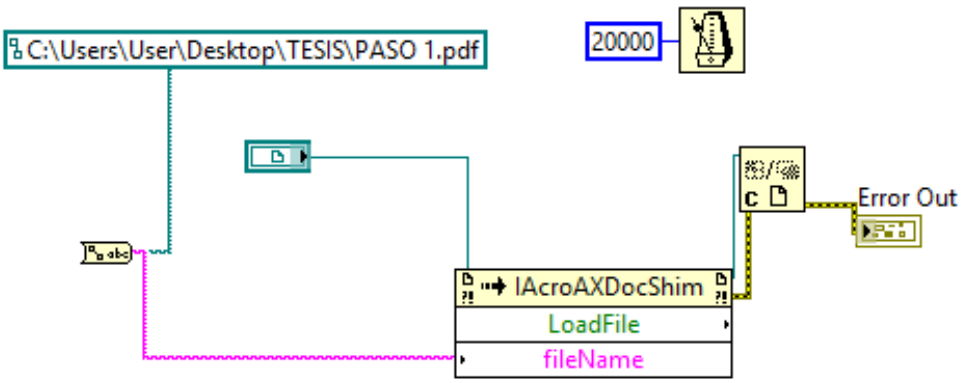
Figura 146. Programación de la ayuda



Fuente: Software LabVIEW 2011

En esta parte del programa se creó un “tab” para colocar las dos sub-pestañas “SOFTWARE” y “LABORATORIO”, y dentro de ellas se crearon SUB VI’s para abrir información adicional acerca del manual y consejos para utilizar correctamente el programa; y además del proceso de análisis metalográfico que se aplica las probetas estudiadas.

Figura 147. Programación sub VI abrir PDF



Fuente: Software LabVIEW 2011

Aquí se muestra la programación de cómo abrir archivos de PDF, donde se guarda la información que los estudiantes necesitarán al realizar una práctica de laboratorio.

6.2 Prueba de observación metalográfica

Para la prueba tomamos una muestra de la población que en este caso serían las 31 probetas estudiadas, basándonos en la siguiente formula estadística.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{[d^2 \times (N-1)] + (Z^2 \times p \times q)} \qquad (1)$$

Donde;
N = Total de la población
Z= 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)
d = precisión (en su investigación use un 5%).

Por lo tanto tenemos de la ecuación 1;

$$n = \frac{31 \times 1{,}96^2 \times 0{,}05 \times 0{,}95}{[0{,}05^2 \times (31-1)] + (1.96^2 \times 0{,}05 \times 0{,}95)}$$

$$n = 21{,}97$$

$$\boldsymbol{n = 22}$$

Concluimos que es necesario realizar las pruebas con 22 probetas que las elegimos aleatoriamente.

Una vez terminada la programación se procedió a realizar pruebas de comparación, para comprobar que el software funciona correctamente, para ello trabajamos con 22 materiales comprendidos entre ferrosos y no ferrosos.

Realizamos el proceso de corte, desbaste, pulido, ataque químico y finalmente la captura de imágenes que nos servirán para realizar las pruebas del programa.
Inicialmente la pruebas realizadas no fueron las esperadas debido a que el programa tendía a confundirse con los patrones más semejantes, entonces optamos por aumentar nuestra base de datos con 5 patrones por cada material, para ello se capturó imágenes en 5 posiciones distintas de cada probeta.

Nuevamente realizamos las pruebas pertinentes para garantizar la fiabilidad del programa, y nos dimos cuenta que aumentar los patrones para cada material fue una decisión acertada puesto que los resultados fueron positivos.

6.3 Evaluación de los datos obtenidos

Tabla 75. Evaluación prueba 1

Material	Comparó	No comparó	Material semejante
BARRA PERFORADA		X	E410
BRONCE AL ALUMINIO	X		
FUNDICIÓN GRIS	X		
AISI4340		X	E920
FUNDICIÓN BLANCA	X		
A604	X		
E410		X	BARRA PERFORADA
E920		X	AISI4340
DURALUMINIO	X		
SAE1018		X	DF2
K100	X		
1010	X		
V945	X		
CALMAX		X	SAE40
M238	X		
DF2		X	SAE1018
W302	X		
COBRE	X		
SAE40		X	CALMAX
8407	X		
7210	X		
718	X		

Fuente: Autores

Al notar que existía confusiones entre algunos materiales analizados optamos por aumentar la base de datos de los patrones con un total de 5 fotos por material en diferentes posiciones y procedimos a realizar otra prueba.

Tabla 76. Evaluación prueba 2

Material	Comparó	No comparó	Material semejante
BARRA PERFORADA	X		
BRONCE AL ALUMINIO	X		
FUNDICIÓN GRIS	X		
AISI4340	X		
FUNDICIÓN BLANCA	X		
A604	X		
E410	X		
E920	X		
DURALUMINIO	X		
SAE1018	X		
K100	X		
1010	X		
V945	X		
CALMAX	X		
M238	X		
DF2	X		
W302	X		
COBRE	X		
SAE40	X		
8407	X		
7210	X		
718	X		

Fuente: Autores

Después de esta prueba se llegaron a resultados positivos, ya que no se generó ninguna confusión entre los materiales, dándole fiabilidad al software realizado.

6.4 Análisis de resultados

Luego de haber realizado las pruebas pertinentes fue necesario ajustarnos a los siguientes parámetros para capturar las fotografías que servirán de manera óptima en el programa:

- Realizar un desbaste lo más perfecto posible.

- Utilizar como máximo un paño para 5 probetas para evitar ralladuras que afecten la calidad de la fotografía.

- Utilizar el reactivo adecuado y el tiempo especificado.

- El tiempo de preparación del reactivo no sobrepase una semana ya varían sus propiedades y causan un ataque y tiempo diferente que confundiría al programa ya que la fotografía sería distinta.

- Es importante que la captura de la imagen sea inmediata al ataque puesto que si dejamos pasar el tiempo esta tiende a oxidarse por lo tanto alteraría la fotografía.

- Siempre se debe recordar que el lente del microscopio debe enfocarse a 200X ya que los patrones se encuentran destinados a realizar la búsqueda con este tipo de fotografías.

- Los colores de la cámara deben ser configurados previamente en el software propio de la cámara, para luego proceder a enfocar y capturar la fotografía con la aplicación de LabVIEW programada.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se realizó un estudio metalográfico de los 31 materiales más utilizados en la industria, tomando como proveedores a dos distribuidoras como son Bohler e Iván Bohman; dichos materiales tienen aplicaciones en diversos campos productivos como: la Industria Automotriz, partes de máquinas herramientas, matricería, herramientas de desbaste, construcción de elementos para la Industria Petrolero, partes para construcción de equipo pesado, piezas normalizadas, en la Industria Eléctrica entre otros; es por ello que nosotros como futuros profesionales optamos por realizar este estudio para tener conocimiento de las propiedades de los materiales y con ello actuar de forma adecuada cuando existan averías, fallos o cambios en sus diferentes aplicaciones.

Se identificó los micro-constituyentes de los 31 materiales analizados mediante el uso de los diagramas de fases, y con ayuda del microscopio del laboratorio; pues es importante que para visualizar los micro-constituyentes de manera óptima se dé un ataque adecuado a la probeta, con el químico correcto y el tiempo necesario. Al identificar las fases de cada material pudimos conocer las propiedades con las que cuentan cada uno de estos para luego aplicarlas de manera correcta en la industria.

Se investigó la utilidad del programa LabVIEW en aplicaciones fotográficas, y concluimos que es posible utilizar las herramientas de VISION y IMAQ para adquirir y comparar imágenes, en este caso las de los diferentes materiales, haciendo posible automatizar su observación.

Mediante la captura de 5 imágenes por cada material se elaboró una base de datos que nos sirvió como patrones para la comparación de imágenes y además se realizó una ficha en la cual se indica la información más relevante de cada material, adicionalmente se puede visualizar el diagrama de fases, la fotografía de los micro-constituyentes y el porcentaje de fases.

Se automatizó la observación metalográfica gracias al programa desarrollado en el software LabVIEWque cuenta con las herramientas necesarias para el procesamiento de imágenes, en este caso se adquirió la imagen directamente al ordenador y en tiempo real lo que actualiza y tecnifica el análisis pues se capturauna microfotografía con mayor calidad y resolución para luego compararla e identificar el tipo de material; para que el programa funcione de manera eficiente fue necesario configurar nuestro software para que disponga de los recursos del computador de manera prioritaria, acelerando su ejecución.

7.2 Recomendaciones

Utilizar discos de corte de acuerdo a las recomendaciones del fabricante en este caso Struers ya que están especialmente diseñados para el equipo de corte que se encuentra en el laboratorio de materiales e incluye la técnica de corte húmedo, son fabricados para la preparación metalográfica, proporcionando muestras que están en perfectas condiciones para el siguiente proceso (desbaste).El método de selección del disco de corte de Struers puede proporcionar el disco adecuado para corta cualquier material, y hacerlo sin crear ningún cambio estructural a la muestra o el disco debido al sobrecalentamiento o deformación, asegurando el máximo tiempo de vida de los discos de corte. Para ello es recomendable usar el catálogo que se adjunta en el Anexo F.

Realizar montaje de probetas cuando las muestras son de tamaño pequeño ya que la se dificulta el desbaste por su poca manipulación, para ello se debe utilizar baquelita y la maquina PRONTOPRESS STRUERS a una presión de 2500 psi y en tiempo de 8 minutos para un volumen de 28,28 cm^3 de baquelita, parámetros que han sido utilizados actualmente en el laboratorio de materiales aplicándolo a nuestro estudio metalográfico.

Desbastar la probeta de arriba hacia abajo iniciando desde la lija N. 220, continuando con la N. 320, siguiendo con la N. 400 y finalizamos con la N. 600, aplicando mayor presión en las lijas con mayor tamaño de grano, y teniendo cuidado en el abrasivo más fino; para realizar un correcto desbaste se debe completar una giro de 360 grados, dando una rotación cada 90 grados siempre que las líneas se vean paralelas entre sí.

Utilizar para el proceso de pulido de la probeta el paño adecuado, la STRUERS nos recomienda dos tipos de paño para materiales ferrosos y no ferrosos apto para usar en

las pulidoras existentes en el laboratorio de materiales; estos son: OP-Nat y OP-Felt, en cuyo caso se debe utilizar alúmina de máximo 9µ para obtener un pulido uniforme y perfecto con el que se obtenga como resultado una probeta semejante a un espejo.

Preparar los reactivos en la cantidad exacta de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM E407 – 07 para tener un ataque químico correcto que revele las microestructuras, es muy importante conservar los reactivos en recipientes herméticamente sellados puesto que son volátiles, sin permitir el ingreso de partículas extrañas que afectar su composición.

Instalar y configurar la cámara RENUSCO DTM 300 de acuerdo al proceso detallado en el capítulo 5 del presente trabajo investigativo.

Aplicar un mantenimiento continuo a la cámara RENUSCO DTM-300 para evitar que la lente se encuentre con partículas de polvo que afectarían la calidad de la miro-fotografía, para ello utilizamos un pincel suave de manera delicada y cuidadosa sin ejercer excesiva presión y en ningún caso manipular o introducir elementos que provocarían daño.

Recurrir al manual de uso del programa detallado en el Anexo B donde se enumera de manera didáctica el proceso para garantizar su correcto funcionamiento.

Ampliar la investigación con el estudio de nuevos materiales que no fueron utilizados en el presente estudio metalográfico, con la finalidad de abarcar la mayor cantidad de información de los materiales útiles en la industria.

BIBLIOGRAFÍA

ALMENDARIZ, Marco. 2013.*Materiales.* Riobamba : s.n., 2013.

BOHLER. 2011.*Cátalogo de Materias.* Quito : s.n., 2011.

IVÀN BOHMAN. 2010.*Materiales de Ingeniería .* Quito : s.n., 2010.

CORTÉZ, Klever. 2001. Propiedades Electricas. [En línea] 2001. [Citado el: 15 de Agosto de 2013.] http://www.uclm.es/profesorado/maarranz/Documentos/MaterialesT7.pdf.

CRUZ, Jhonatan. 2010. Modulo de ni-vision de LabVIEW. [En línea] 2010. [Citado el: 10 de Julio de 2013.] http://comunidad.udistrital.edu.co/jokelnice/files/2011/10/guia-vision-labview-jonathan-cruz.pdf.

GÓMEZ, Carlos. 2004.*Introducción a la automatización TESIS.* Quito : Ingenieria Industrial, 2004.

GONZÁLEZ, Arturo. 2000. Metales no Ferrosos. [En línea] 2000. [Citado el: 07 de Julio de 2013.] http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/02/metales-no-ferrosos.pdf.

GORDILLO, Lenin y YANEZ, Jorge. 2009.*Aplicación de visión con LabVIEW para la detección de frascos con tubiedades TESIS.* Guayaquil : Facultad de Electrónica y Computación , 2009.

GUY, John. 2002.*Fundamentos de Ciencias de Materiales.* Barcelona : SILVER, 2002.

HOLGUIN, Germán. 2002.*Curso Básico de LabVIEW.* Pereira : Universidad de Pereira, 2002.

KEHL, George. 2001. Fundamentos de la practica. [En línea] 2001. [Citado el: 09 de Agosto de 2013.] http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/im/m00-861/Lecturas/LectP1M1.pdf.

KLIICYE, Priet. 2010. Tutorial de LabVIEW. [En línea] 2010. [Citado el: 11 de Julio de 2013.] http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf.

SABOGAL, Jerly Tatiana. 2012. Importancia de la Automatización. [En línea] Importancia de la Automatización, 15 de Octubre de 2012. [Citado el: 11 de Julio de

2013.] http://www.redjbm.com/catedra/index.php/tecnologia/68-la-importancia-de-la-automatizacion.

SHACKELFORD, James. 1988.*Ciencia de Materiales para Ingenieros.* California : Planet, 1988.

TROJAN, Flinn. 1990.*Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones.* Alemania : ANELE, 1990.

VALENCIA, Crsitian. 2012.*Implementación de un programa didáctico, con LabVIEW para mejorar motricidad de los niños TESIS.* Cuenca : Facultad de Ingeniería Electrónica, 2012.

Wikipedia. 2013. Wikipedia. [En línea] Materiales, 26 de Mayo de 2013. [Citado el: 04 de Julio de 2013.] http://es.wikipedia.org/wiki/Material.

—. 2013. Wikipedia. [En línea] Elasticiad, 2013. [Citado el: 04 de Julio de 2013.] http://es.wikipedia.org/wiki/Elasticidad_(mec%C3%A1nica_de_s%C3%B3lidos).

—. 2013. Wikipedia. [En línea] Fragilidad, 2013. [Citado el: 04 de Julio de 2013.] http://es.wikipedia.org/wiki/Fragilidad.

—. 2013. Wikipedia. [En línea] Conductividad Térmica, 2013. [Citado el: 04 de Julio de 2013.] http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad_t%C3%A9rmica.

Wikipidea. 2013. Wikipedia. [En línea] Rigidez, 2013. [Citado el: 04 de Julio de 2013.] http://es.wikipedia.org/wiki/Rigidez.

ANEXOS